



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TITULO DEL PROYECTO:**

DIAGNÓSTICO EN TERRENOS INCLINADOS PARA EL DESARROLLO DE  
DISTRITOS DE RIEGO, CASO DE ESTUDIO: VEREDAS DE LA ZONA NORTE  
DEL MUNICIPIO DE PAIPA.

**MODALIDAD:**

PROYECTO SOCIAL

**ELABORADO POR:**

DIANA CAROLINA GÓMEZ RAMÍREZ  
CÓDIGO: 503902

**DOCENTE ASESOR:**

ING. HENRY ALBERTO CÓRDOBA ROMERO

**BOGOTÁ, D. C.**

**OCTUBRE DE 2019**

## **PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

### **TITULO DEL PROYECTO:**

DIAGNÓSTICO EN TERRENOS INCLINADOS PARA EL DESARROLLO DE  
DISTRITOS DE RIEGO, CASO DE ESTUDIO: VEREDAS DE LA ZONA NORTE  
DEL MUNICIPIO DE PAIPA.

### **MODALIDAD:**

PROYECTO SOCIAL

### **ELABORADO POR:**

DIANA CAROLINA GÓMEZ RAMÍREZ

CÓDIGO: 503902

### **DOCENTE ASESOR:**

ING. HENRY ALBERTO CÓRDOBA ROMERO

**BOGOTÁ, D. C.**

**OCTUBRE DE 2019**



## Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

**Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Compartir bajo la Misma Licencia** — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

**FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**FIRMA JURADO**

---

**FIRMA JURADO**

## **PAGINA DE DEDICATORIA**

Dedico este logro principalmente a Dios, por guiarme y acompañarme en cada adversidad y el haberme llevado a este momento tan importante en mi vida y permitirme concluir mi objetivo.

A toda mi familia por estar presente en cada acontecimiento durante mi carrera, a mis padres que me comprendieron durante todo este proceso, vivieron conmigo cada etapa y me brindaron el apoyo moral cuando más lo necesite, mi hermana Sandra quien fue una de las personas más importantes dentro de mi formación como profesional por fortalecerme en querer alcanzar un logro más en la vida.

## **PAGINA DE AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, me siento agradecida con Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida, por darme los recursos necesarios y poner en mi vida las personas adecuadas en cada etapa durante este proceso.

Gracias a el Ingeniero Tito Currea, quien fue una persona que me brindo mucho de su colaboración dentro de la comunidad de Paipa, estuvo pendiente a cualquier cosa que se necesitara en el desarrollo del presente proyecto, fue muy atento y siempre tuvo disponibilidad para ofrecerme de su ayuda en lo que se necesitara. Ya que sin su ayuda el desarrollo de cada actividad asociado con la comunidad hubiera sido un proceso lento y mucho más complicado.

Quiero agradecer en especial a mi hermana Sandra que fue quien me incentivo a seguir mis sueños brindándome su apoyo en cada decisión, aunque no fue sencillo el camino hasta ahora, ella siempre estuvo presente sin importar las adversidades.

Agradezco muchísimo a mis padres por ser el apoyo en momentos difíciles durante mi desarrollo como profesional, su amor y paciencia con la que día a día se preocuparon por el desarrollo de esta carrera, por ser esa compañía después de una larga y agotadora noche de estudio siempre tuvieron una palabra para animarme y seguir adelante.

Diana Carolina Gómez R.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PAGINA DE DEDICATORIA .....</b>	<b>5</b>
<b>PAGINA DE AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTADO DE TABLAS.....</b>	<b>13</b>
<b>LISTADO DE ESQUEMAS.....</b>	<b>14</b>
<b>LISTADO DE GRAFICAS .....</b>	<b>15</b>
<b>LISTADO DE ECUACIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>LISTADO DE ANEXOS .....</b>	<b>17</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>4. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>23</b>
4.1. MARCO TEÓRICO .....	23
7.1.2. RIEGO.....	23
7.1.2.1. DISTRITO DE RIEGO PARA SECTORES PRODUCTIVOS MONTAÑOSOS .....	24
7.1.3. PARAMETROS A TENER EN CUENTA PARA REGAR: .....	24
7.1.4. PARAMETROS GEOTECNICOS .....	24
7.1.5. SUELOS.....	25
7.1.5.1. ESTRATIFICACIÓN DEL SUELO.....	25
7.1.5.2. TIPOS DE SUELOS.....	25
7.1.6. PERMEABILIDAD .....	27
7.1.7. EROSIÓN EN SECTORES PRODUCTIVOS MONTAÑOSOS .....	28
7.1.7.1. EROSIÓN EOLICA: .....	28
7.1.7.2. EROSIÓN HIDRICA:.....	28
7.1.7.3. OTROS TIPOS DE EROSIÓN: .....	33
7.1.8. TOPOGRAFÍA.....	33
7.1.9. PARAMETROS HIDROLOGICOS.....	34
7.1.9.1. PRECIPITACIÓN .....	35
7.1.9.2. EVAPORACIÓN.....	37

7.1.10.	INFILTRACIÓN .....	37
7.1.11.	ESCORRENTÍA .....	39
7.1.11.1.	EL ESCURRIMIENTO .....	39
7.1.11.2.	FLUJO SUB-SUPERFICIAL .....	39
7.1.11.3.	FLUJO SUBTERRÁNEO .....	39
7.1.12.	CAUDAL.....	40
7.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	41
<b>8.</b>	<b>ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>42</b>
8.1.	DISTRITOS DE RIEGO PARA TERRENOS INCLINADOS .....	42
8.2.	EROSION EN SUELOS COLOMBIANOS .....	42
8.3.	SISTEMA AUTÓNOMO QUE OPTIMIZA EL RIEGO DE CULTIVOS EN LADERAS, DESARROLLADO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MANIZALES .....	43
<b>9.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>45</b>
9.1.	OBJETIVO GENERAL .....	45
9.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	45
<b>10.</b>	<b>ALCANCE .....</b>	<b>46</b>
<b>12.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>49</b>
	FASE 1: Planteamiento del problema.....	49
	FASE 2: Recolección de información .....	49
	FASE 3: Identificación y cálculos de los parámetros geotécnicos. ....	49
	FASE 4: Identificación y cálculos de los parámetros hidrológicos .....	49
	Fase 5: Análisis de viabilidad de implementación de un distrito de riego en terrenos de alta montaña. ....	49
	Fase 6: Socialización de la comunidad.....	49
<b>13.</b>	<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>50</b>
<b>14.</b>	<b>PRODUCTOS A ENTREGAR.....</b>	<b>52</b>
<b>15.</b>	<b>INSTALACIONES Y EQUIPO REQUERIDO.....</b>	<b>53</b>
15.1.	INSTALACIONES.....	53
<b>16.</b>	<b>PRESUPUESTO DEL TRABAJO Y RECURSOS FINANCIEROS .....</b>	<b>54</b>
<b>17.</b>	<b>RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>55</b>
17.1.	COMUNIDAD: .....	55



17.2.	REUNIONES: .....	55
<b>18.</b>	<b>LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>57</b>
<b>19.</b>	<b>SUELOS DE VEREDAS DE PAIPA .....</b>	<b>58</b>
19.1.	ESTRUCTURAS DE SUELO.....	58
19.2.	PERFILES DE SUELO PB-3 ó B-104.....	59
19.2.1	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: .....	59
	.....	59
19.2.2.	PB-3 <sup>58</sup> .....	59
19.2.3.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	59
19.2.4.	B-104 <sup>58</sup> .....	60
19.2.5.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	60
19.2.6.	PERFILES DE SUELO: B-31; B-109 ó PB-5A .....	60
19.2.7.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: .....	60
19.2.8.	B-31 <sup>58</sup> .....	61
19.2.9.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	61
19.2.10.	B-109 <sup>58</sup> .....	61
19.2.11.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	62
19.2.12.	PB-5A <sup>58</sup> .....	62
19.2.13.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	62
19.2.14.	PERFILES DE SUELO: PB-2; B-106 .....	62
19.2.15.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: .....	62
19.2.16.	PB-2 <sup>58</sup> .....	63
19.2.17.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	63
19.2.18.	B-106 <sup>58</sup> .....	63
19.2.19.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	63
19.2.20.	PERFILES DE SUELO: B-8; PB-11A .....	64
19.2.21.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: .....	64
19.2.22.	B-8 <sup>58</sup> .....	64
19.2.23.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	65
19.2.24.	PB-11A <sup>58</sup> .....	65
19.2.25.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	65

19.2.26.	PERFILES DE SUELO: 174A; P-503A; PB-15A .....	65
19.2.27.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: .....	65
19.2.28.	174A <sup>58</sup> .....	66
19.2.29.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	66
19.2.30.	P-503A <sup>58</sup> .....	66
19.2.31.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	67
19.2.32.	PB-15A <sup>58</sup> .....	67
19.2.33.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	67
19.2.34.	PERFILES DE SUELO: PB-55; PB-82 .....	67
19.2.35.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: .....	67
19.2.36.	PB-55 <sup>58</sup> .....	68
19.2.37.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	68
19.2.38.	PB-82 <sup>58</sup> .....	68
19.2.39.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	68
19.2.40.	PERFILES DE SUELO: 183A; R-03.....	68
19.2.41.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: .....	69
19.2.42.	183A <sup>58</sup> .....	69
19.2.43.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	69
19.2.44.	R-03 <sup>58</sup> .....	70
19.2.45.	PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN.....	70
<b>20.</b>	<b>TOPOGRAFÍA .....</b>	<b>71</b>
20.1.	PENDIENTE TOPOGRÁFICA: .....	72
<b>21.</b>	<b>EROSION EN LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>73</b>
21.1.	FACTOR R: Erosividad de la lluvia en Mj.mm/ha. año. ....	73
21.2.	FACTOR K: Erosionabilidad del suelo en (t/ha)/(Mj.mm/ha.h). ....	76
21.3.	FACTOR LS: Longitud(L) y Pendiente(S) del terreno (adimensional) ...	78
21.4.	FACTOR C: Cobertura y manejo de la vegetación (adimensional) .....	79
21.5.	FACTOR A: .....	81
<b>22.</b>	<b>CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS CUENCA LA SIERRA.....</b>	<b>82</b>
22.1.	DATOS DE LA CUENCA:.....	82
<b>23.</b>	<b>HIDROLOGIA DE LA CUENCA LA SIERRA:.....</b>	<b>83</b>

23.1.	CARACTERISTICAS DE LA CUENCA: .....	83
23.2.	CURVA HIPSOMETRICA:.....	84
<b>24.</b>	<b>CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA CUENCA PALERMO .....</b>	<b>86</b>
24.1.	DATOS DE LA CUENCA:.....	86
<b>25.</b>	<b>HIDROLOGIA DE LA CUENCA PALERMO: .....</b>	<b>87</b>
25.1.	CARACTERISTICAS DE LA CUENCA: .....	87
25.2.	CURVA HIPSOMETRICA:.....	88
<b>26.</b>	<b>BALANCE HIDRICO PARA LAS CUENCAS: .....</b>	<b>90</b>
<b>27.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DEL RIEGO MÁS ÓPTIMO PARA DOTAR LOS CULTIVOS:.....</b>	<b>93</b>
27.1.	Riego por inundación.....	93
27.2.	Riego por surcos y corrugaciones .....	93
27.3.	Riego por aspersión .....	93
27.4.	Riego por Goteo .....	93
27.5.	Factores que afectan la aplicación de un riego .....	94
27.5.1.	Topografía:.....	94
27.5.2.	Pendiente:.....	94
27.5.3.	Textura del suelo: .....	94
27.5.4.	Distribución del agua sobre su superficie:.....	95
27.5.5.	CONSUMO Y ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO .....	96
27.5.5.1.	Riego por inundación:.....	96
27.5.5.2.	Riego por surcos y corrugaciones: .....	96
27.5.5.3.	Riego por aspersión:.....	97
27.5.5.4.	Riego por goteo: .....	97
27.5.5.5.	Recomendación:.....	97
27.6.	Tipo de cultivo y agua requerida para cada tipo de planta .....	98
<b>28.</b>	<b>TRAZADO TENTATIVO DE LA RED PRINCIPAL DEL DISTRITO DE RIEGO</b>	<b>102</b>
<b>29.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
29.1.	TRAZADO DE LA RED PRINCIPAL.....	103
29.2.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS Y TOPOGRÁFICOS:.....	103
29.3.	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS:.....	103

29.4. EROSIÓN:.....	104
<b>30. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>105</b>

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de suelos y texturas de acuerdo a la clasificación americana USDA .....	26
<b>Tabla 2.</b> Variación de la permeabilidad según la textura del suelo.....	27
<b>Tabla 3.</b> Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo en cm/hora. ....	27
<b>Tabla 4.</b> Clases de permeabilidad de los suelos para la agricultura y su conservación.....	28
<b>Tabla 5.</b> Valores de K asociados a la textura y al contenido de materia orgánica, método de Kirkby y Morgan (1980).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 6.</b> Factor c para cada tipo de cultivo dependiendo de su cubierta.....	32
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de la erosión actual. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 8.</b> Clasificación de la erosión potencial (USLE).....	32
<b>Tabla 9.</b> Valores referenciales de velocidad de infiltración básica o estabilizada según textura del suelo .....	38
<b>Tabla 10.</b> Caudal máximo a derivar de cada una de las estaciones de bombeo será el siguiente para el municipio de Paipa:.....	42
<b>Tabla 11.</b> Cronograma de actividades.....	50
<b>Tabla 12.</b> Presupuesto .....	54
<b>Tabla 13.</b> Datos de precipitaciones mensuales máximas para la estación LA SIERRA. ....	74
<b>Tabla 14.</b> Datos de precipitaciones mensuales máximas para la estación PALERMO. ....	75
<b>Tabla 15.</b> Cálculos del Factor K.....	76
<b>Tabla 16.</b> Cobertura vegetal en el área de estudio, Factor C.....	80
<b>Tabla 17.</b> Datos de precipitaciones máxima mensual. ....	82
<b>Tabla 18.</b> Características hidrológicas de la Cuenca la Sierra. ....	83
<b>Tabla 19.</b> Datos para el análisis de la curva Hipsométrica – Cuenca la Sierra. ....	84
<b>Tabla 20.</b> Datos de precipitaciones máxima mensual. ....	86
<b>Tabla 21.</b> Características hidrológicas de la cuenca Palermo.....	87
<b>Tabla 22.</b> Datos para el análisis de la curva Hipsométrica – Cuenca Palermo. ....	88
<b>Tabla 23.</b> Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y la latitud.....	91
<b>Tabla 24.</b> Evotranspiración mensual del área de estudio. ....	91
<b>Tabla 25.</b> Balance hídrico por el método de clasificación de Horton .....	92
<b>Tabla 26.</b> Coeficiente único del cultivo (Kc).....	98
<b>Tabla 27.</b> Caudal requerido por m <sup>2</sup> de trigo, cebada, avena, papa y maíz. ....	99
<b>Tabla 28.</b> Caudal requerido por m <sup>2</sup> de cultivo de pasto.....	99
<b>Tabla 29.</b> Caudal requerido por m <sup>2</sup> de cultivo de mora. ....	100
<b>Tabla 30.</b> Caudal anual requerido para la dotación de los cultivos.....	100

## LISTADO DE ESQUEMAS

<b>Esquema 1.</b> Horizontes del suelo.....	25
<b>Esquema 2.</b> Pendiente topográfica .....	34
<b>Esquema 3.</b> Arena, limo y arcilla. Tamaño de las partículas.....	38
<b>Esquema 4.</b> Mapa conceptual: Parámetros a tener en cuenta para el diagnóstico en terrenos con pendientes altas. ....	41
<b>Esquema 5.</b> Registro fotográfico .....	55
<b>Esquema 6.</b> Divulgando el proyecto con la comunidad.....	56
<b>Esquema 7.</b> Localización general del proyecto zona norte municipio de Paipa. ....	57
<b>Esquema 8.</b> Tipos de suelos en la zona norte del municipio de Paipa. ....	58
<b>Esquema 9.</b> Topografía de la zona norte del municipio de Paipa. ....	71
<b>Esquema 10.</b> Mapa de pendientes topográfica.....	72
<b>Esquema 11.</b> Mapa de evaluación del factor R.....	73
<b>Esquema 12.</b> Mapa de evaluación del factor K.....	76
<b>Esquema 13.</b> Mapa de evaluación del factor LS.....	78
<b>Esquema 14.</b> Mapa de evaluación del factor LS.....	79
<b>Esquema 15.</b> Mapa de evaluación del factor A.....	81
<b>Esquema 16.</b> Trazado tentativo de la red principal del distrito de riego. ....	102
<b>Esquema 17.</b> Pueblo Palermo Centro - Municipio de Paipa. ....	104

## LISTADO DE GRAFICAS

<b>Grafica 1.</b> Curva Hipsométrica - Cuenca la Sierra. ....	84
<b>Grafica 2.</b> Curva de intensidad y duración - Cuenca la Sierra. ....	85
<b>Grafica 3.</b> Curvas IDF - Cuenca la Sierra.....	85
<b>Grafica 4.</b> Curva Hipsométrica – Cuenca Palermo.....	88
<b>Grafica 5.</b> Curva de intensidad y duración – Cuenca Palermo.....	89
<b>Grafica 6.</b> Curvas IDF - Cuenca Palermo.....	89
<b>Grafica 7.</b> Curva de precipitación mensual. ....	92

## LISTADO DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Ecuación universal de pérdida de suelos (USLE). .....	29
<b>Ecuación 2.</b> Ecuación factor R. ....	29
<b>Ecuación 3.</b> Ecuación para determinar el factor LS. ....	31
<b>Ecuación 4.</b> Ecuación para determinar L y S. ....	31
<b>Ecuación 5.</b> Pendiente en grados .....	34
<b>Ecuación 6.</b> Calculo de intensidad de precipitación. ....	36
<b>Ecuación 7.</b> Evotranspiración potencial corregida ETP método de THORNTHWAITE. ....	90
<b>Ecuación 8.</b> Calculo de la evotranspiración del cultivo. ....	98
<b>Ecuación 9.</b> Lamina de riego (L.R.). ....	98
<b>Ecuación 10.</b> Volumen de agua a aplicar para reponer agua perdida por la evotranspiración. ....	98



## **LISTADO DE ANEXOS**

- ANEXO 1.** Localización General.
- ANEXO 2.** Plano Topográfico.
- ANEXO 3.** Plano De Pendientes Topográficas.
- ANEXO 4.** Plano De Las Cuencas Y Estaciones.
- ANEXO 5.** Plano Orden De Vertientes.
- ANEXO 6.** Plano De Factor R.
- ANEXO 7.** Plano De Factor K.
- ANEXO 8.** Plano De Factor LS.
- ANEXO 9.** Plano De Factor C.
- ANEXO 10.** Plano De Factor A.
- ANEXO 11.** Plano De Suelos.
- ANEXO 12.** Plano De Perfiles Estratigráficos.
- ANEXO 13.** Plano De Perfiles Estratigráficos.
- ANEXO 14.** Plano De Perfiles Estratigráficos.
- ANEXO 15.** Folleto de divulgación del proyecto a la comunidad beneficiada.
- ANEXO 16.** Carta de aval del proyecto por parte de interlocutores reconocidos en la comunidad y representados por organizaciones comunitarias.
- ANEXO 17.** Carta de compromiso por parte de los estudiantes en realizar la entrega de los productos a la comunidad.
- ANEXO 18.** Formato de diario de Campo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca abordar el tema acerca de un diagnóstico en terrenos inclinados para el desarrollo de un distrito de riego en el municipio de Paipa y plantear una solución a la problemática que afrontan los agricultores que cultivan en terrenos inclinados.

La característica principal de estos tipos de terrenos es la erosión debido a que no se le da un buen uso a las tierras, por las diferentes actividades que se emplean en ellos, para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas, entre ellas se encuentran el despojo total o parcial de la capa de vegetal, lo cual se da por la quema de rastrojos y/o vegetación, remoción manual y/o cambios en tipo de vegetación del suelo, este factor provoca un aumento en los niveles de agua en el suelos ya que el agua interactúa directamente con la capa de suelo desnuda y así mismo puede llegar a provocar saturación del suelo produciendo inestabilidad y posteriormente deslizamientos.

El diagnóstico a esta problemática en las veredas de terrenos inclinados se realizó por el interés de conocer por que no se han implementado distrito de riegos en este sector si en ellos se pueden cultivar y están siendo aprovechados solamente en épocas de lluvia. Por otra parte, establecer además si es factible o no diseñar un distrito de riego, y para definir qué distrito de riego es el más óptimo se deben analizar varios de ellos en este tipo de suelos en el municipio de Paipa.

Profundizar en la indagación de este tipo de terrenos fue un interés de la comunidad, así mismo aportar un análisis previo sobre el comportamiento del suelo en constante contacto con el agua.

En el ámbito profesional el interés se originó con el propósito de dar una solución a una comunidad, pensando en que se pueda llevar a cabo y se implemente bajo un contexto de beneficio social.

En el marco de la teoría, el presente trabajo se realizó con un acercamiento directo con la comunidad preguntándoles cual es la problemática que afrontaban sus cultivos y una serie de análisis de documentos anteriormente escritos basados en el tema de riegos sobre terrenos inclinados para poder llevarlos a la realidad de la situación actual en la comunidad de Paipa.

Durante el trabajo de campo, uno de los obstáculos fue la falta de documentación acerca del distrito de riego ya empleado que solo cubre una parte de las veredas del municipio, la falta de documentos que especifiquen las características del suelo en condiciones húmedas, y adicionalmente el ingreso a las veredas a causa de ser

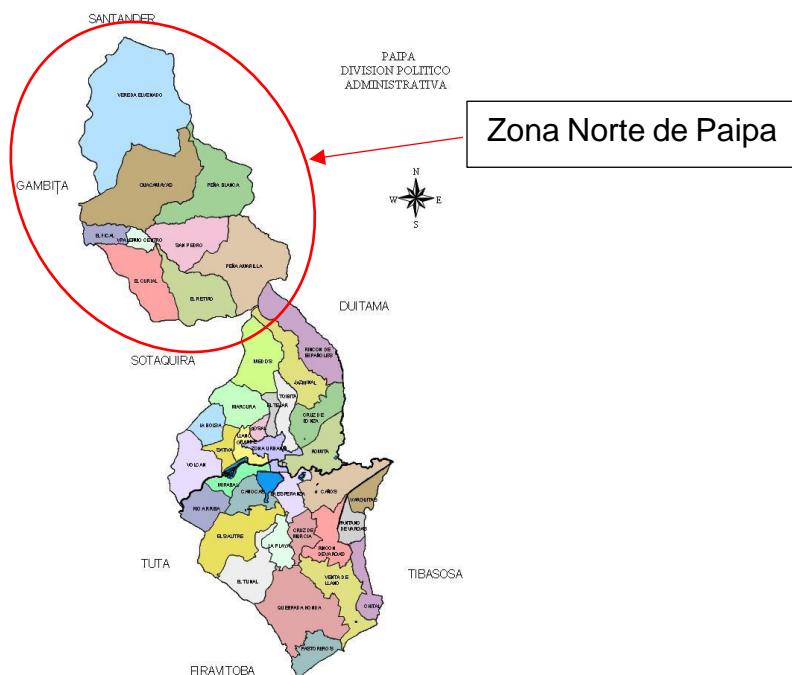
poco concurridas ya que para ingresar a ellas es necesario ir con alguien que conozca estos sectores.

## 2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente Paipa ya cuenta con zonas de riego suministrados por la Asociación de Usuarios del Distrito de Riego y Drenaje del Alto Chicamocha y Firavitoba (USOCHICAMOCHA), estaría implementado para áreas en terreno plano aun así su cobertura no es total, su área actual con infraestructura de riego es de 724.78 Ha, este distrito de riego beneficia los productores de cultivos en el municipio cubriendo las veredas: romita, caños, varguitas y Vargas<sup>1</sup>.

Dentro de la división político administrativa de Paipa se encuentran algunas veredas en zona montañosa como lo son la vereda el venado, Guacamayas, peña blanca, San pedro, Palermo centro, Peña Amarilla, el retiro<sup>2</sup>.

### Esquema 1. División Política administrativa de Paipa



Fuente: Alcaldía de Paipa - Boyacá

Estas veredas que están fuera de este distrito de riego y cuentan con una amplia producción de papa, mora, cebolla cabezona, duraznos, ciruelas, pastos y praderas, actualmente la comunidad se beneficia con las épocas de lluvia para generar una

<sup>1</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACA. Respuesta a oficio con radicado No. 003441 del 25 de febrero de 2019. Boyacá. CORPOBOYACA, 2019.

<sup>2</sup> ALCALDIA DE PAIPA – BOYACA. División político administrativa de Paipa. Boyacá. (2017).

buena calidad y cantidad de sus productos y así mismo mantener una buena comercialización.

Para generar un sistema de riego que se adecue a las condiciones de terreno y sean beneficiados todos aquellos agricultores en épocas de sequía, se debe tener en cuenta que estos terrenos pueden sufrir de erosión por las condiciones de su suelo razón por la cual no se ha suministrado un riego adecuado en estas zonas.

Para el caso del municipio de Paipa la implementación de un sistema de riego para los agricultores que se sitúan en las zonas de alta montaña sería un factor bastante importante pues se genera un riego continuo para sus cultivos independientemente de las condiciones climáticas del terreno, teniendo en cuenta también que la comunidad destaca la importancia de beneficiar la producción de carne con el fin de favorecer el crecimiento de pastos y praderas sin que esta sea afectada por el clima y se mantenga constante como alimento para su ganado.

En síntesis, la problemática para estas veredas de terreno inclinado, es la falta de agua para suministrar a sus cultivos, teniendo en cuenta que el mejor momento para generar una buena producción de cultivos es la época de lluvia, sin embargo estas épocas no son constantes durante todo el año y simultáneamente, las condiciones de su topografía, de acuerdo a esto su pendiente y estructura de suelo actualmente no son óptimas para generar un riego, esto quiere decir que el agua sobre su superficie se vuelve escorrentía y no da lugar para que el agua se infiltre produciendo erosión.

¿Haciendo el análisis de los terrenos inclinados para la zona norte de Paipa bajo las características hidrológicas y geotécnicas, teniendo en cuenta los parámetros establecidos para su verificación en el presente documento es pertinente el desarrollo de un distrito de riego para estos terrenos?

### 3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de riego en Colombia presentan un déficit muy grande en su implementación en todo el territorio nacional, estos sistemas son una necesidad latente para un país con una amplia estructura agrícola, el país cuenta con diferentes climas y en consecuencia a los cambios climáticos se ve muy afectado el desarrollo agropecuario y rural. En ese sentido Colombia se convierte en un país de condiciones favorables para cultivar una gran variedad de productos en las diversas zonas, desde el tónico hasta los de climas templados. En ciertas épocas del año como consecuencia del verano que azota el país, los grandes ganaderos y agricultores de las regiones buscan soluciones prácticas y eficientes para garantizar la supervivencia y calidad de sus reses y cultivos<sup>3</sup>.

Adicionalmente, si la falta de agua para los cultivos en épocas de verano en algunas zonas, a la hora de implementar un sistema de riego se puede identificar que no todos son óptimos para su utilización por qué se puede llegar hacer mal gasto de este recurso y hace que no se emplee de la manera adecuada, ya que independientemente del riego que se emplee la manera en que se distribuye el agua es de diferentes maneras<sup>4</sup>.

Para tener en cuenta, todas y cada una de las necesidades de riego de las comunidades agrícolas se debe generar un estudio a profundidad para cada zona y poder determinar una investigación específica sobre que riego es beneficioso para cada región<sup>5</sup> teniendo en cuenta su posición geográfica puesto que cada una de estas necesidades varían de un municipio a otro.

De tal manera que se desea generar un diagnóstico que nos dé un acercamiento a las condiciones del terreno y verificar si sus características para las condiciones de humedad a las cuales fuesen sometidas de manera constante son adecuadas para la implementación de un distrito de riego a fin de no generar erosión, haciendo énfasis sobre la problemática y situación actual de cada una de las veredas en alta montaña de este municipio.

---

<sup>3</sup> CONTEXTO GANADERO. Sistemas de riego, beneficio clave para el agro colombiano.

<sup>4</sup> UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, DAZA, Rafael “¿Sistemas de riego o riesgo?”

<sup>5</sup> TUN DZUL DE LA CRUZ, José. Jaramillo Ramírez, Genovevo. COHEN SÁNCHEZ, Ignacio. BARRIÉ LOMAS, Claudia Tania. GONZÁLEZ CANO, Alejandro de Jesús. Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego en el distrito 048 Ticul, Yucatán. En: Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol.;2. (Jul-Ago. 2011): p. 2-4

## **4. MARCO DE REFERENCIA**

### **4.1. MARCO TEÓRICO**

Implementar un distrito de riego en la actualidad es un beneficio que se genera a una comunidad donde su sustento es la agricultura, pero para poder implementar un riego es necesario tener en cuenta las condiciones del terreno al cual nos estamos enfrentando ya que muchos de estos suelos para zonas en terrenos con inclinación son terrenos que pueden sufrir de erosión, se requiere de unos estudios previos para poder establecer los parámetros que indiquen si es o no viable para su este suelo implementar un riego, y cuál es el riego más óptimo, ya que lo que para muchos es un beneficio podría resultar ser desfavorable si no se toma en cuenta bajo qué condiciones podría ser útil.

El diseño de un distrito de riego tiene como finalidad surtir de agua a cultivos, prados y praderas en época de sequía, por otra parte, si se quiere beneficiar terrenos con inclinación se debe tener en cuenta las condiciones que presenta su suelo, es decir que los contenidos de humedad no sean superiores a los ideales y se pueda surtir constantemente sin generar erosión y/o deslizamientos.

#### **7.1.2. RIEGO**

Los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo dificulta la absorción, por ellos es necesario regar para reponerla y que quede disponible para las plantas. Existen diferentes métodos de riego. No existe uno mejor que otro si no que cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en la eficiencia de aplicación del agua<sup>6</sup>. Entre los más comunes: Riego por inundación, riego por surcos y corrugaciones, riego por aspersión y riego por goteo.

En riego, siempre se deben reducir las pérdidas de agua, haciendo un uso más eficiente de la misma, la eficiencia de riego es la cantidad de agua disponible para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó<sup>7</sup>.

En el riego de superficie comúnmente en algunas partes del terreno, pueden existir perdidas por infiltración profunda, llamada también percolación. En este caso queda agua por debajo de la zona de las raíces. También, se pueden presentar perdidas por escurrimiento quedando partes del terreno sin recibir una adecuada provisión

---

<sup>6</sup> DEMIN, Pablo Enrique “Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones”. En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (May. 2014); p. 5.

<sup>7</sup> Ibíd., p. 5

de humedad. Con todas estas pérdidas quedará una reducida cantidad de agua disponible para las plantas<sup>8</sup>.

Para lograr minimizar las pérdidas, es necesario conocer las herramientas de las cuales depende el riego y su eficiencia que son la topografía y la infiltración del suelo, importantes en riego por superficie. Aprendiendo a usar estos dos parámetros se puede regar aprovechando al máximo el agua y en forma homogénea en el lote<sup>9</sup>.

#### **7.1.2.1. DISTRITO DE RIEGO PARA SECTORES PRODUCTIVOS MONTAÑOSOS**

En relación del riego y sus condiciones ideales para su implementación en un suelo inclinado, la manera en que se distribuye el agua podría llegar a generar un problema a lo cual es recomendable considerar la aplicación de un caudal no erosivo e incrementar la eficiencia del riego, en una zona montañosa o con grandes desniveles donde la velocidad de avance de agua a favor de la pendiente del terreno natural es demasiado rápida, la infiltración es baja y la erosión alta<sup>10</sup>.

Para estas situaciones es necesario imaginarse la zona montañosa como si tuviera varios niveles (curvas de nivel) y cada uno de estos niveles tiene una pendiente mínima. Los distintos niveles del terreno donde el agua debería avanzar lentamente en cada uno de ellos, aumentando la infiltración y reduciendo la erosión.<sup>11</sup>

#### **7.1.3. PARAMETROS A TENER EN CUENTA PARA REGAR:**

En síntesis, para poder solucionar la problemática que presenta un terreno inclinado con un las diferentes texturas de suelo ya que de acuerdo a estas su capacidad de infiltración varia, es necesario recalcar que se deben tener en cuenta las siguientes variables que tiene un papel importante para poder definir un sistema de riego adecuado y evitar erosión: topografía del terreno, pendiente, textura del suelo, distribución de agua sobre su superficie, tipo de cultivo, caudal<sup>12</sup>.

#### **7.1.4. PARAMETROS GEOTECNICOS**

Es importante identificar los parámetros geotécnicos, teniendo en cuenta que los riegos en zona de montaña son susceptibles a erosión, el siguiente análisis nos da

---

<sup>8</sup> DEMIN, Pablo Enrique "Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones". En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (May. 2014); p. 5.

<sup>9</sup> Ibid., p. 6

<sup>10</sup> Ibid., p.11-12

<sup>11</sup> Ibid., p.12

<sup>12</sup> Ibid., p.6



un régimen por el cual podemos identificar si es conveniente o no un riego permanente teniendo en cuenta sus condiciones de suelo

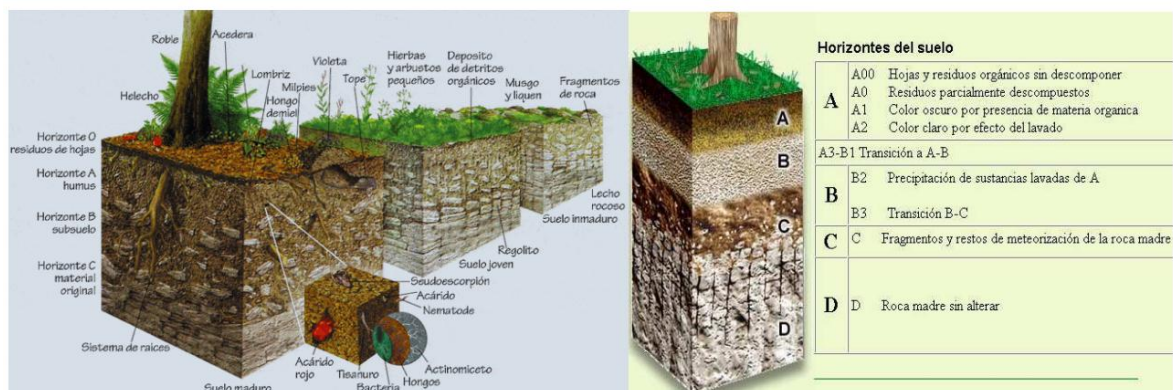
### 7.1.5. SUELOS

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Los plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo<sup>13</sup>.

#### 7.1.5.1. ESTRATIFICACIÓN DEL SUELO

Los estratos de suelo o perfil de suelo, son un corte vertical del terreno donde aparece una serie de capas horizontales llamadas “horizontes”, algunos suelos no contienen todos los horizontes aquí mencionados, un perfil completo consta de las siguientes capas<sup>14</sup>:

**Esquema 1. Horizontes del suelo**



Fuente: Universidad de Murcia – España<sup>14</sup>

#### 7.1.5.2. TIPOS DE SUELOS

Una de las maneras más útiles para clasificar el suelo es por su textura (factores o propiedades físicas), ya que nos permite entender muchas de sus características. Así tenemos:

- **Los suelos arenosos.** Como su nombre lo indica, están compuestos principalmente por arena, que son gránulos de minerales, son suelos sueltos, que contienen grandes cantidades de espacios, el agua se infiltra

<sup>13</sup> FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Ecología y enseñanza rural: Tema 2: El suelo. Vol. 131. Italia. FAO, 1996. 187p.

<sup>14</sup> UNIVERSIDAD DE MURCIA, “Tema 6: La edafosfera”.

rápidamente y no contienen muchos nutrientes como para sostener a cierto tipo de plantas<sup>15</sup>.

- **Los suelos limosos.** Son partículas minerales de tamaño medio a fino cuya composición química es similar a la de la arena, por lo que no tienen capacidad de agregarse y sus partículas no forman estructura<sup>16</sup>.
- **Los suelos arcillosos.** Las partículas que lo componen son muy finas lo que hace que se peguen una con la otra, cerrando espacios de aire y por lo mismo son poco permeables al agua, lo que generalmente produce encharcamientos en su superficie. Contienen nutrientes, pero duros de labrar ya que son pesados y al secarse forman terrones, difíciles de romper<sup>17</sup>.
- **Los suelos francos.** Son suelos en los que la mezcla de arcilla, arena y limo está presente, generalmente están bien equilibrados en la cantidad de minerales que contienen, lo que los hace ideales para la agricultura. Mantienen cierta humedad, a pesar de que drenan adecuadamente, lo que permite la dilución de los nutrientes, que proviene de la materia orgánica que contienen, los cuales son aprovechados por las plantas<sup>18</sup>.

**Tabla 1.** Tipos de suelos y texturas de acuerdo a la clasificación americana USDA

Tipos de suelo	Textura	Relación arena-limo-arcilla (%)
Livianos	Arenoso	90-5-5
	Arenoso franco	80-15-5
Medios	Franco arenoso	65-25-10
	Franco	40-40-20
	Franco limoso	20-65-15
	Franco arcilloso arenoso	35-35-30
Pesados	Franco arcilloso	35-30-35
	Franco arcillo limoso	10-35-55
	Limoso	10-85-5
	Arcillo arenoso	55-5-40
	Arcillo limoso	5-50-45
	Arcilloso	10-20-60

Fuente: Nicolás Ciancaglini- Prosap<sup>19</sup>

<sup>15</sup> FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, op. cit.,.

<sup>16</sup> JORDAN LOPEZ, Antonio. Manual de la edafología. Sevilla: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla, 2005. 143p.

<sup>17</sup> FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Ecología y enseñanza rural: Tema 2: El suelo. Vol. 131. Italia. FAO, 1996. 187p.

<sup>18</sup> Ibid., p.6

<sup>19</sup> CIANCAGLINI, Nicolás. R- 001- Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. 3p.

### 7.1.6. PERMEABILIDAD

La tasa de permeabilidad es una medida de la rapidez con que el agua de riego aplicada se mueve a través del suelo. Si un irrigador aplica agua a una velocidad superior a la capacidad del suelo para aceptarlo, el agua se acumulará en la superficie y, finalmente, se escurrirá, lo que provocará una aplicación de riego no uniforme y erosión del suelo. Los principales factores que afectan la tasa de permeabilidad son la textura y la densidad. Mientras la tasa de aplicación de irrigación no exceda la tasa de permeabilidad, no se producirá escorrentía<sup>20</sup>.

**Tabla 2.** Variación de la permeabilidad según la textura del suelo.

Suelo	Textura	Permeabilidad
Suelos arcillosos	Fina	De muy lenta a muy rápida
Suelos limosos	Moderadamente fina	
	Moderadamente gruesa	
Suelos arenosos	Gruesa	

Fuente: FAO<sup>21</sup>

**Tabla 3.** Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo en cm/hora.

Arenosos	5.0
Franco arenosos	2.5
Franco	1.3
Franco arcillosos	0.8
Arcilloso limosos	0.25
Arcilloso	0.05

Fuente: FAO<sup>22</sup>

<sup>20</sup>COACHELLA VALLEY WATER DISTRICT. Permeability, infiltration.

<sup>21</sup>----- . Textura del suelo.(<http://www.fao.org>).

<sup>22</sup> Ibíd.

**Tabla 4.** Clases de permeabilidad de los suelos para la agricultura y su conservación.

Clases de permeabilidad de los suelos	Índice de permeabilidad	
	cm/hora	cm/día
Muy lenta Lenta	menor de 0.13	menor de 3
Lenta	0.13 - 0.3	3-12
Moderadamente lenta	0.5 - 2.0	12-48
Moderada	2.0 - 6.3	48 - 151
Moderadamente rápida	6.3 - 12.7	151 - 305
rápida	12.7 - 25	305 - 600
Muy rápida	mayor de 25	mayor de 600

Fuente: FAO

#### 7.1.7. EROSIÓN EN SECTORES PRODUCTIVOS MONTAÑOSOS

La erosión del suelo se produce principalmente por la acción combinada de varios factores como la temperatura, los gases, el agua, el viento, la gravedad y la vida vegetal y animal. De acuerdo a la región que nos refiramos puede predominar alguno de estos factores, como es el caso del viento en las zonas áridas y en zonas del trópico húmedo, para este caso, el factor que más influye sobre el suelo es el agua, principalmente provenientes de aguas lluvias<sup>23</sup>. Si evalúa desde un punto de vista agrícola, la erosión es producida por:

##### 7.1.7.1. EROSIÓN EOLICA:

- Si en un suelo su capa vegetal es removida por completo y se deja desnuda, la superficie de tierra se erosiona más rápido, este fenómeno es más fuerte en regiones áridas, ya que los suelos están resacos y desnudos lo que facilita que el viento arrastre las partículas sueltas de la superficie, esta acción es bastante destructiva por lo que generalmente es constante<sup>24</sup>.

##### 7.1.7.2. EROSIÓN HIDRICA:

Dentro de la erosión hídrica hay dos tipos:

- **Capa Vegetal:** Si no hay protección de una capa de vegetación, y de la acción fijadora de las raíces, cada gota de agua golpea el suelo desnudo ocasionando que las partículas de suelo se desprendan y el agua arrastre éstas partículas ayudada por las condiciones de altas pendientes llegando

<sup>23</sup> RIVERA, Ingrid. Procesos erosivos de sectores productivos montañosos en el trópico. En: Avances Investigación en Ingeniería - Universidad Libre. No 2 (2007); p. 1-7.

<sup>24</sup> Ibid., p. 1-7.

hasta valles o cuerpos de agua como ríos o arroyos generando también contaminación de las aguas y un cambio radical en la fauna y flora de los ecosistemas acuáticos.

- **Contenido de humedad:** en el suelo hace que el terreno se desequilibre y pierda su composición sólida produciendo así deslizamientos<sup>25</sup>.

## MÉTODO USLE

Para calcular la erosión hídrica se debe emplear el siguiente método USLE

**Ecuación 1.** Ecuación universal de pérdida de suelos (USLE).

$$A = R.K.L.S.C.P.$$

A= Es la pérdida de suelo en t/ha. año.

R= Es el factor erosividad de la lluvia en Mj.mm/ha. año.

K= Es el factor erosionabilidad del suelo en (t/ha)/(Mj.mm/ha.h).

L= Es el factor longitud del terreno (adimensional).

S= Es el factor pendiente del terreno (adimensional).

C= Es el factor de cobertura y manejo de la vegetación (adimensional).

P= Es el factor prácticas de conservación (adimensional).

**Ecuación 2.** Ecuación factor R.

$$R = \frac{1}{na} \sum_{k=1}^{na} \left( \sum_{i=1}^{na} (E * I30)_i \right)$$

E= energía cinética de un evento de lluvia

I30= Es la máxima intensidad en 30 minutos durante un evento i de lluvia

ne= es el número de eventos de lluvia ocurridos en el año.

na= Es el número de años.

---

<sup>25</sup> RIVERA, Ingrid. Procesos erosivos de sectores productivos montañosos en el trópico. En: Avances Investigación en Ingeniería - Universidad Libre. No 2 (2007); p. 1-7

### Factor K.

La erosionabilidad del suelo, muestra su vulnerabilidad a la acción del agua asociado a la textura del suelo, para ello se tendrá en cuenta la siguiente tabla<sup>26</sup>.

**Ecuación 3.** Formula de Williams, para determinar el Factor K

$$K = 0.1317 f_{cssand} * f_{ci-si} * f_{org} * f_{hisand}$$

- $F_{cssand}$  y  $F_{hisand}$  = Contenido de arena

$$f_{cssand} = (0.2 + 0.3 \exp[-0.0256 * ms * \left(1 - \left(\frac{mslit}{100}\right)\right)])$$

$$f_{hisand} = \left( \frac{0.7 * \left(1 - \left(\frac{ms}{100}\right)\right)}{\left(1 - \left(\frac{ms}{100}\right)\right) + \exp(-5.51 + 22.9 * \left(1 - \left(\frac{ms}{100}\right)\right))} \right)$$

- $F_{ci-si}$  = Contenido de limo - arcilla

$$f_{ci-si} = \left( \frac{mslit}{mc + mslit} \right)^{0.3}$$

- $F_{orgc}$  = Carbono orgánico

$$f_{org} = 1 - \left( \frac{0.25 * orgc}{orgc + \exp(3.72 - 2.95 * orgc)} \right)$$

Los términos *ms*, *msilt*, *mc* y *orgc* son el porcentaje de arenas, limos, arcillas y carbono orgánico respectivamente.

---

<sup>26</sup> CORTOLIMA," 2.12 Pérdida De Suelos 2.12.1 Ecuación Universal De Pérdida De Suelos (USLE-MUSLE)". p13

## Factor LS

es la relación entre el suelo perdido en un terreno cualquiera con pendiente  $p$  y longitud  $\lambda$ , y la correspondiente a la parcela piloto utilizada en el desarrollo de la USLE.<sup>27</sup>

**Ecuación 4.** Ecuación para determinar el factor LS.

$$LS = \left( \frac{x}{22.13} \right)^n (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

**Ecuación 5.** Ecuación para determinar L y S.

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.1} \right)^m$$
$$S = 65.41 \text{ Sen}^2 \theta + 4.56 \text{ Sen } \theta + 0.065$$

$$m = \beta / (1 + \beta)$$

$$\beta = \{ (\text{Sen} \theta / 0.00896) / (3.0 \times (\text{Sen} \theta)^{0.8} + 0.56) \} r$$

$$S = 16.8 \text{ Sen } \theta - 0.50 \text{ si la pendiente } \geq 9\%.$$

$$S = 10.8 \text{ Sen } \theta - 0.03 \text{ si la pendiente } < 9\%.$$

L = Es el factor longitud de la pendiente (adimensional).

$\lambda$  = Es la longitud uniforme del terreno (metros).

m = Es el exponente cuyo valor varía entre 0.2 y 0.5 de acuerdo al valor en esa inclinación de la pendiente  $< 1$  y  $> 5\%$ .

S = Es el subfactor inclinación de la pendiente (adimensional).

$\theta$  = Es el ángulo de inclinación del terreno uniforme en grados.

$\beta$  = Relación erosión en surco a erosión en entresurco.

r: Coeficiente igual a: 0,5 en tierras forestales o pastizales; 1,0 en terrenos agrícolas y 2,0 en sitios en construcción.

## Factor C

Efecto de la cubierta vegetal en la pérdida de suelo, es expresada como la pérdida de suelo de una parcela con cierto tipo de vegetación.<sup>28</sup>

<sup>27</sup> CORTOLIMA, " 2.12 Pérdida De Suelos 2.12.1 Ecuación Universal De Pérdida De Suelos (USLE-MUSLE)". p15

<sup>28</sup> CORTOLIMA, " 2.12 Pérdida De Suelos 2.12.1 Ecuación Universal De Pérdida De Suelos (USLE-MUSLE)". p24.

**Tabla 5.** Factor C para cada tipo de cultivo dependiendo de su cubierta.

COBERTURA	Factor C
Bosque denso	0.0001
Mosaico de pastos con espacios naturales	0.03
Arbustal	0.02
Bosque abierto	0.0001
Herbazal	0.03
Bosque de galería y ripario	0.0001
Pastos limpios	0.009
Vegetación secundaria o en transición	0.012
Bosque fragmentado	0.0001
Tejido urbano continuo	0.005
Pastos limpios	0.009
Pastos enmalezados	0.02
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0.008

Fuente: Universidad de Costa Rica<sup>29</sup>

### Factor P

El factor P es la relación de pérdida de suelo entre una parcela donde se han aplicado prácticas mecánicas de conservación de suelos (contornos, terrazas, cultivos en fajas, etc) para el control de la erosión, y las pérdidas que se producen en una parcela si tales prácticas no se utilizan y el laboreo se efectúa en el sentido de la pendiente. Cuando las prácticas de conservación no se aplican o son muy pocas el valor de P es igual a 1.<sup>30</sup>

**Tabla 6.** Clasificación de la erosión potencial (USLE).

CLASIFICACION DE LA EROSIÓN POTENCIAL	RANGO DE EROSION (tn/ha.año)
Ligera	<100
Moderada	100-500
Fuerte	500-1500
Severa	>1500

Fuente: CORTOLIMA<sup>31</sup>

<sup>29</sup> UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, "evaluación del Factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río birrís, costa rica", agronomía costarricense. San José, Costa Rica, vol. 33, núm. 2, 2009, p. 230

<sup>30</sup> CORTOLIMA, op. cit, p.33.

<sup>31</sup> Ibíd., p33.



### 7.1.7.3. OTROS TIPOS DE EROSIÓN:

- Cambio de un tipo de vegetación a otra, ocasiona que el suelo pierda nutrientes y sea infértil,
- La quema de rastrojos y campos vírgenes, así como la destrucción de pastos naturales entre otros, exponen el suelo a contacto directo con el medio, pero si por el contrario al encontrarse un arbusto o pastos, estos no dejan que en épocas con altas precipitaciones tropiecen directo con la textura del terreno protegiéndolo tanto como que evita la acción mecánica del agua con el suelo<sup>32</sup>.

### 7.1.8. TOPOGRAFÍA

Es importante identificar qué tipo de topografía es la zona por qué para lograr una buena infiltración del agua al cultivo, se debe tener en cuenta que el agua debe filtrar más de lo que avanza, para lograr esto es necesario saber la pendiente del terreno<sup>33</sup>.

La sistematización del suelo para el riego y una buena infiltración permitirá acumular agua en el perfil del suelo y tener una reserva ante una situación en la que los riegos sean poco frecuentes. Un aspecto a considerar es tratar siempre que el agua infiltre en el perfil y que el escurrimiento sea lo más bajo posible<sup>34</sup>.

El concepto de pendiente en sí, es la relación que existe entre el desnivel (h) y la distancia en horizontal (Dr) que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados<sup>35</sup>.

---

<sup>32</sup> RIVERA, Ingrid. Procesos erosivos de sectores productivos montañosos en el trópico. En: Avances Investigación en Ingeniería - Universidad Libre. No 2 (2007); p. 1-7

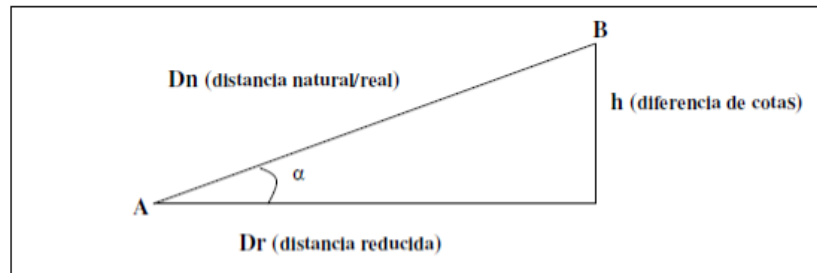
<sup>33</sup> DEMIN, Pablo Enrique "Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones". En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (May. 2014); p. 7.

<sup>34</sup> *Ibíd.*, p.8

<sup>35</sup> IBÁÑES ASCENCIO, Sara, GISBERT BLANQUER, Juan Manuel, MORENO RAMÓN, Héctor. La pendiente del terreno. En: Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: (01, oct, 2010), P.5.

La pendiente la podemos calcular de la siguiente manera:

### Esquema 2. Pendiente topográfica



$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{\text{Diferencia de cotas (m)}}{\text{Distancia reducida (m)}} \cdot 100$$

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia<sup>36</sup>.

Si se quiere saber la pendiente en grados, se tomará la fórmula de la tangente:

### Ecuación 6. Pendiente en grados

$$\text{Tan} \alpha = \frac{h}{Dr} \rightarrow \alpha = \text{actg} \left( \frac{h}{Dr} \right)$$

#### 7.1.9. PARAMETROS HIDROLOGICOS

Después de haber identificado los parámetros geológicos y geotécnicos, ahora se deben tener en cuenta los parámetros hidrológicos como son: Precipitación, evaporación, infiltración, escorrentía, caudal.

Dicho lo anterior el parámetro hidrológico se empleará para poder identificar la interacción de la textura del suelo y su capacidad de retener humedad para que el cultivo pueda subsistir en época de sequía, así mismo identificar el caudal, el cual será importante para identificar el consumo de agua de cada planta y poder definir un sistema de riego adecuado.

---

<sup>36</sup> IBAÑES ASCENCIO, Sara, GISBERT BLANQUER, Juan Manuel, MORENO RAMÓN, Héctor. La pendiente del terreno. En: Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: (01, oct, 2010), P.5

### 7.1.9.1. PRECIPITACIÓN

Si bien este término se aplica a todas las formas de agua: llovizna, lluvia, nieve, granizo, agua nieve, y lluvia congelada, en esta oportunidad se le dará importancia a la lluvia que es el fenómeno común en la región. La cantidad de lluvia precipitada se expresa como “la altura en milímetros o centímetros de una lámina de agua que cubre un suelo horizontal, libre de evaporación y filtración”. A tal propósito, hay que establecer una relación: milímetros – metros cúbicos por hectárea, que se deduce de la comparación entre la altura en milímetros o centímetros de lluvia y caudal en metros cúbicos por hectárea en razón de la siguiente explicación<sup>37</sup>:

Una hectárea = 10.000 m<sup>2</sup> = 100.000.000 cm<sup>2</sup>.

Un m<sup>2</sup> = 10.000 cm<sup>2</sup>. Bajo tales condiciones al producirse una precipitación de un centímetro de altura, el volumen equivalente será:

100.000.000 x 1 cm = 100.000.000 cm<sup>3</sup> x hectárea.

Ese centímetro de precipitación será igual a 100m<sup>3</sup> x ha, de acuerdo al siguiente razonamiento:

Un m<sup>3</sup> = 1.000.000 cm<sup>3</sup>.

Si un centímetro de altura equivale a 100.000.000 cm<sup>3</sup>, se relaciona esta cantidad con el equivalente en centímetros cúbicos de un metro cúbico y conseguimos metros cúbicos por hectárea<sup>38</sup>:

$$\frac{100.000.000}{1.000.000} = 100m^3 \text{ por hectárea}$$

De lo anterior se concluye que cada centímetro de agua precipitada corresponde a 100 metros cúbicos por hectárea. Por cuanto en el país los registros se dan en milímetros, se establece que un milímetro de espesor es equivalente a un litro por metro cuadrado, si se considera que:

1m<sup>2</sup> X 0.001 (Un milímetro) = 0.001 m<sup>3</sup> = 1 dm<sup>3</sup> = 1 litro = 10m<sup>3</sup>/ha.

Bastará multiplicar el número de milímetros que proporciona la lectura por 10, para obtener metros cúbicos por hectárea. Así, por ejemplo:

28cm = 280mm = 2800 m<sup>3</sup>/ha.

La precipitación como factor importante en la práctica de riego, requiere de un análisis detallado, en razón a que el éxito de la actividad agrícola depende, en gran

---

<sup>37</sup> SOUBANNIER LEITON, Juan Santiago. Riego y Drenaje. San José, Costa Rica. Primera edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia, 1985. 180p.

<sup>38</sup> *Ibíd.*, p.69

parte, de que la precipitación sea abundante y apropiadamente distribuida. Lo conveniente es que la intensidad no sobrepase la capacidad de infiltración del suelo, con el propósito de evitar pérdidas por escorrentía, erosión hídrica y un mínimo aprovechamiento con fines agropecuarios<sup>39</sup>.

La lluvia puede favorecer o perjudicar la actividad agrícola, dependiendo de la época en que se presente, de la distribución y cantidad precipitada. La intensidad juega un papel determinante, considerando que lluvias débiles y de larga duración son más efectivas produciendo menos daño al suelo y cultivo, que aquellas fuertes y de corta duración.

Tomando en cuenta la cantidad, frecuencia e intensidad, una lluvia favorece la producción agrícola, cuando se presente en “cantidad” como para reponer la humedad que el cultivo consume; a “intervalos” de tiempo, como para que el contenido de humedad en el suelo no alcance el punto de marchitez permanente y de una “intensidad” tal, que el suelo tenga el tiempo suficiente para una infiltración apropiada y la retenga a disposición de la planta<sup>40</sup>.

Los proyectos de riego se deben diseñar, considerando la frecuencia con que los periodos de sequía se pueden presentar. Como es de suponer no toda el agua de lluvia es almacenada y retenida en el suelo para su posterior utilización en el cultivo. En realidad, una parte es retenida por el follaje, otra se desliza y se pierde por escorrentía superficial<sup>41</sup>.

Para calcular la lluvia efectiva, se puede utilizar la información de la zona de estudio en donde se tenga los valores de precipitación mensual. Una información conveniente es conocer los días con lluvia, que suministran las estaciones meteorológicas y que puede ser usada para analizar la distribución de las lluvias a través del período considerado<sup>42</sup>.

#### **Ecuación 7. Cálculo de intensidad de precipitación.**

$$\text{Intensidad de precipitación} = \frac{\text{Precipitación}}{\text{Tiempo}}$$

---

<sup>39</sup> SOUBANNIER LEITON, Juan Santiago. Riego y Drenaje. San José, Costa Rica. Primera edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia, 1985. 180p.

<sup>40</sup> *Ibíd.*, p.69

<sup>41</sup> *Ibíd.*, p.69

<sup>42</sup> *Ibíd.*, p.69

### **7.1.9.2. EVAPORACIÓN**

Es considerada como la difusión de vapor de agua de la superficie a la atmósfera y varía en función de la naturaleza de la superficie de evaporación, temperatura, vientos, presión de vapor, humedad relativa y energía solar<sup>43</sup>.

La textura del suelo es una característica que afecta la evaporación, puesto que, en suelos livianos, donde el movimiento capilar es más rápido, se presenta con mayor intensidad. La evaporación es también mayor, cuando los riegos son superficiales y frecuentes, porque, en este caso el agua penetra a mayor profundidad y es aprovechada mejor por el cultivo. Cuando la superficie del suelo está seca, la evaporación es proporcional a la velocidad con que el agua llega a la superficie, producto del movimiento capilar. Por esta razón, en suelos pesados, la evaporación no afecta mucha profundidad debido a lo lento del movimiento capilar<sup>44</sup>.

Otros factores importantes por su relación con la práctica del riego, son: porcentaje de horas mensuales de luz solar y la velocidad del viento, dada la influencia que puedan tener sobre la evaporación y la transpiración. El porcentaje de horas luz solas, es un parámetro importante en la determinación del consumo de agua por la planta, en tanto el viento afecta la eficiencia del riego, cuando se utiliza un sistema por aspersión<sup>45</sup>.

### **7.1.10. INFILTRACIÓN**

Se llama infiltración al ingreso de agua en el perfil del suelo. Es importante porque determina la cantidad de agua que penetra en el suelo, la que va a escurrir por el terreno y la pérdida de suelo que puede existir que es el peligro de erosión. La infiltración del suelo depende de su textura, es decir de la proporción de cada uno de los componentes del suelo que son arena, limo y arcilla. Además, depende de otros factores como presencia de materia orgánica, condiciones de laboreo y cultivos anteriores<sup>46</sup>.

---

<sup>43</sup> SOUBANNIER LEITON, Juan Santiago. Riego y Drenaje. San José, Costa Rica. Primera edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia, 1985. 180p

<sup>44</sup> Ibíd., p.70

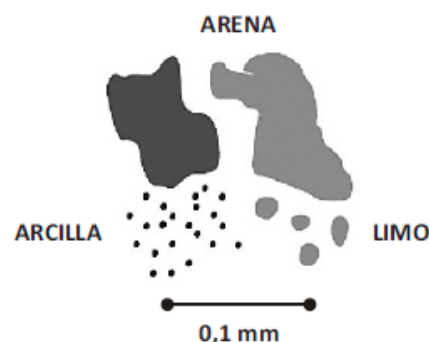
<sup>45</sup> Ibíd., p.70

<sup>46</sup> DEMIN, Pablo Enrique "Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones". En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (May. 2014); p. 6.

**Esquema 3.** Arena, limo y arcilla. Tamaño de las partículas.

Partículas de suelo	Diámetro (mm)
Gravas y piedras	> 2,0
Arena	0,05 - 2,0
Limo	0,002 - 0,05
Arcilla	< 0,002

*Fuente: Carrazón Alocén Julián (2007).*



*Fuente: Hillel (1980).*

Como puede apreciarse en el esquema 3, el patrón de infiltración difiere en función de diferentes texturas de suelo. En suelos arenosos el agua se mueve mayormente en profundidad y en menor proporción hacia los laterales. Por el contrario, en suelos arcillosos el agua se mueve en mayor medida hacia los laterales y en menor medida en profundidad<sup>47</sup>.

Una información importante a tener en cuenta es la velocidad de infiltración que es la rapidez con que ingresa el agua en el perfil. El conocimiento de este parámetro nos permitirá saber el tiempo de riego a utilizar, el tamaño de las unidades de riego y el caudal óptimo. Estos datos nos servirán para el diseño del riego. Esta velocidad de infiltración es alta en los primeros minutos del riego, después de un tiempo siempre decrece dependiendo de las condiciones del suelo<sup>48</sup>.

**Tabla 7.** Valores referenciales de velocidad de infiltración básica o estabilizada según textura del suelo

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	
TEXTURA	mm/h
Arenoso	<30
Arenoso Franco	15 - 30
Franco Arenoso	12 - 18
Franco	8 - 14
Franco - Limoso	6 - 10
Arcilloso - Limoso	5 - 8
Arcilloso	3 - 6

Fuente: Riego agrícola y jardinería<sup>41</sup>

<sup>47</sup> DEMIN, Pablo Enrique "Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones". En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (Mayo 2014); p. 6

<sup>48</sup> *Ibíd.*, p.7

### **7.1.11. ESCORRENTÍA**

Se describe escorrentía al flujo de agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua. A la escorrentía que ocurre en la superficie antes de alcanzar un canal es llamada fuente no puntual. Igualmente, la escorrentía puede generarse por precipitación<sup>49</sup>.

La escorrentía está constituida por la sumatoria de tres componentes principales: escurrimiento, flujo sub-superficial y agua subterránea.

#### **7.1.11.1. EL ESCURRIMIENTO**

Es el agua que fluye por sobre la superficie del terreno hasta el cauce más cercano y sólo se produce en los eventos de lluvia. En un evento de lluvia, cuando la intensidad de la misma es superior a la tasa de infiltración, se produce un almacenamiento superficial que primero llena las depresiones del terreno, conformando el almacenamiento de retención. Luego que las depresiones se han llenado se inicia el escurrimiento. Lo anterior es importante conocerlo ya que indica que la escorrentía no sólo depende de la infiltración sino del microrelieve. La tasa de escurrimiento dependerá del volumen del almacenamiento de detención y de la pendiente y rugosidad del terreno<sup>50</sup>.

#### **7.1.11.2. FLUJO SUB-SUPERFICIAL**

Está constituido por el flujo lateral desde la zona de humedad del suelo. Luego de la infiltración el agua en el suelo continúa moviéndose en función de los gradientes hídricos, especialmente el gradiente vertical y si se encuentra con una capa relativamente impermeable, se produce un flujo lateral el cual culmina con su intercepción por los cauces. El flujo subsuperficial es muy importante en cuencas con suelos permeables y estratificados. Junto con el escurrimiento conforma el llamado flujo rápido y que generalmente se considera como escorrentía directa<sup>51</sup>.

#### **7.1.11.3. FLUJO SUBTERRÁNEO**

El flujo subterráneo está conformado por el agua que fluye desde el almacenamiento del agua subterránea hacia los cauces. Este ocurre cuando los cauces interceptan el agua subterránea, ya sea desde el nivel freático como de acuíferos más profundos. Este flujo es llamado flujo base o caudal base. El flujo base ocurre

---

<sup>49</sup> PEREZ, Guillermo. "Escorrentía superficial"

<sup>50</sup> OLIVEROS, Ender "La escorrentía". p. 1

<sup>51</sup> Ibíd., p.1

siempre que exista un almacenamiento subterráneo. El caudal mínimo de un cauce es llamado caudal de estiaje<sup>52</sup>.

Cuando la tasa de precipitación en una superficie excede la tasa a la cual el agua puede infiltrarle en la tierra, y cualquier cuenca para almacenamiento esta ya llena. A este proceso se le llama flujo terrestre con exceso de infiltración, flujo terrestre insaturado o flujo terrestre hortoniano. Se produce con más frecuencia en regiones áridas y semiáridas, donde las intensidades de precipitación son altas y la capacidad de infiltración del suelo es reducida debido a la impermeabilización de la superficie<sup>53</sup>.

Cuando el suelo está saturado, la precipitación producirá inmediatamente una escorrentía superficial. El nivel precedente de humedad del suelo es un factor que afecta al tiempo que pasara hasta que el suelo se sature. Esta escorrentía se conoce también como flujo terrestre saturado. Al fluir, hay una cantidad de escorrentía que puede verse reducida por la evaporación<sup>54</sup>.

#### **7.1.12. CAUDAL**

Antes de identificar un tipo de riego se necesita saber el caudal que se va a emplear para suministrar en cada tipo de planta. Se entiende por caudal a la cantidad de agua que pasa por una acequia, compuerta o sale por una manguera en un determinado tiempo<sup>55</sup>.

---

<sup>52</sup> OLIVEROS, Ender "La escorrentía". p.2

<sup>53</sup> PEREZ, Guillermo. "Escorrentía superficial"

<sup>54</sup> *Ibíd.*, p.1

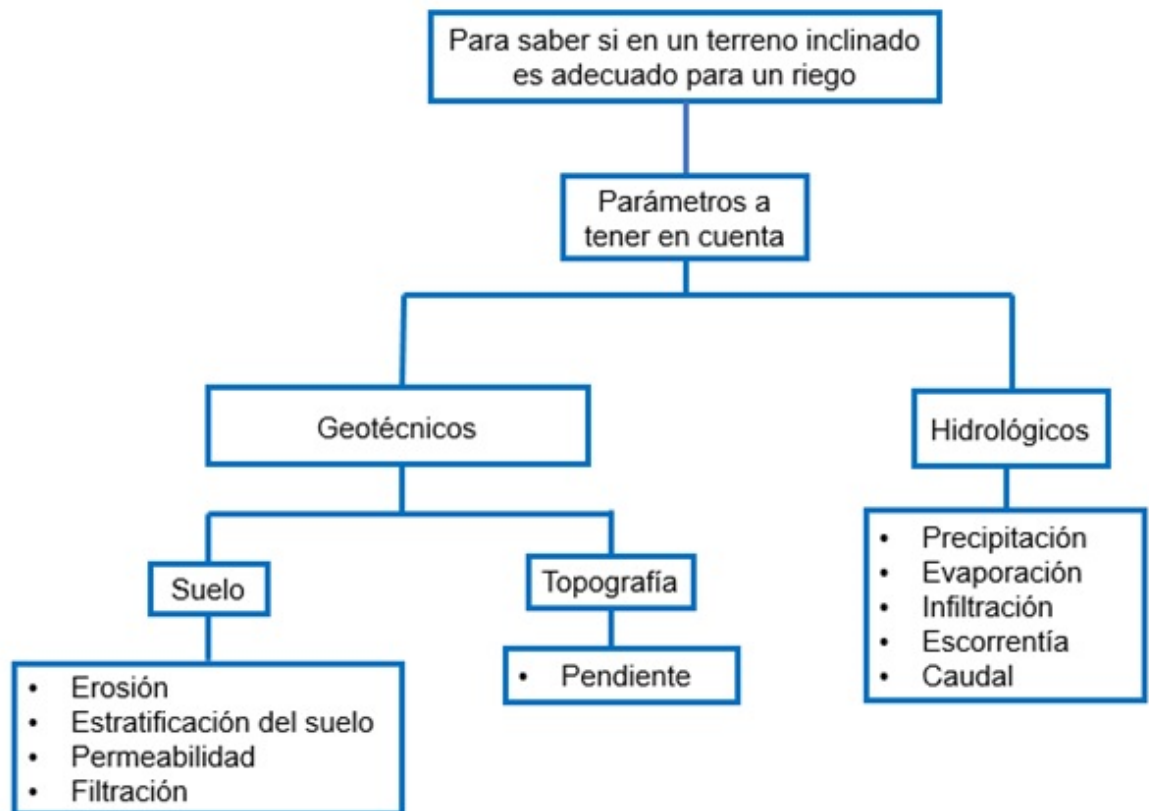
<sup>55</sup> DEMIN, Pablo Enrique "Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones". En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (Mayo 2014); p. 11.



## 7.2. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se da un esquema de parámetros a tener en cuenta para poder realizar un diagnóstico adecuado a los terrenos inclinados.

**Esquema 4.** Mapa conceptual: Parámetros a tener en cuenta para el diagnóstico en terrenos inclinados.



Fuente: Propia

## 8. ESTADO DEL ARTE

### 8.1. DISTRITOS DE RIEGO PARA TERRENOS INCLINADOS

Actualmente, ya se encuentran estudios previos en cuanto al uso y tipo de suelo en todo el terreno del municipio de Paipa, adicionalmente también hay un distrito de riego establecido en la zona de terreno plano, donde se benefician usuarios de las veredas: romita, caños, varguitas y Vargas, esta concesión es de aguas superficiales otorgado actualmente a la ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL DISTRITO DE RIEGO Y DRENAJE DE GRAN ESCALA DEL ALTO CHICAMOGA Y FIRAVIDOBA “USOCHICAMOGA”. Para uso de riego en beneficio de 4427.02Ha, los cuales se encuentran localizados en los municipios de Duitama, Paipa, Tibasosa, Santa Rosa de Viterbo y Sogamoso<sup>56</sup>.

**Tabla 8.** Caudal máximo que deriva de cada una de las estaciones de bombeo, para suministro a los sistemas de riego en el municipio de Paipa:

MUNICIPIO	ESTACIÓN	Área Actual Con Infraestructura De Riego (Ha)	Caudal Máximo a Derivar (Lps)	Caudal Máximo a Derivar (M³/Seg)
PAIPA	HOLANDA	348,27	207,99	0,208
PAIPA	PANTANO DE VARGAS	376,51	224,86	0,225

Fuente: Corporación Autónoma Regional Boyacá (Corpoboyaca 2019)<sup>57</sup>

Así mismo, en el municipio de Paipa hay sistemas de riego empleados de forma temporal, es decir, que un pequeño agricultor alquila un terreno, hace un montaje de sistema de riego provisional para producir el cultivo que necesita, y después de tener su cultivo desmonta todo, recoge su cultivo y devuelve el terreno en alquiler.

Los agricultores solo se suplen del agua lluvia para regar sus cultivos, prados y praderas. Y no tienen un distrito de riego para estos terrenos en zonas inclinadas, si bien, la época invernal actualmente es de gran importancia en el municipio.

### 8.2. EROSION EN SUELOS COLOMBIANOS

La erosión es la pérdida de suelo fértil, debido a que el agua y el viento normalmente arrastran la capa superficial de la tierra hasta el mar. El ser humano acelera la

<sup>56</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACA. Respuesta a oficio con radicado No. 003441 del 25 de febrero de 2019. Boyacá. CORPOBOYACA, 2019.

<sup>57</sup> Ibíd., p1.

pérdida de suelos fértiles por la destrucción de la cubierta vegetal, producto de malas técnicas de cultivo, sobrepastoreo, quema de vegetación o tala del bosque<sup>58</sup>.

Las prácticas productivas sin criterios de protección, contribuyen en gran medida a que este problema se agrave cada día más<sup>59</sup>.

La degradación del suelo reviste gran importancia, porque su regeneración es en extremo lenta. En zonas agrícolas tropicales y templadas, se requiere de un promedio de 500 años para la renovación de 2,5 centímetros de suelo.

El cultivo de tierras en lugares con pendiente aumenta la posibilidad de agotamiento del suelo fértil, ya que es muy fácil el arrastre de tierra por acción de la lluvia.

La actividad minera ha utilizado grandes cantidades de leña, eliminando así la cubierta vegetal, imprescindible para la protección del suelo. Estas prácticas se remontan a la época de la colonia, cuando la deforestación acabó con ricas áreas forestales y las aridizó<sup>60</sup>.

La erosión también puede afectar ecosistemas lejanos, como los de la vida marina. El suelo arrastrado al mar se deposita como sedimento y cambia la composición del fondo marino, sepultando vegetación y cuevas, y transformando el contenido químico de las aguas.

Es importante destacar que la erosión del suelo, además de afectar y alterar los ecosistemas, afecta seriamente a la gente y a la economía de un lugar. Hay una relación directa entre la disminución de la capacidad productora del suelo y la disminución de los ingresos de la comunidad<sup>61</sup>.

### **8.3. SISTEMA AUTÓNOMO QUE OPTIMIZA EL RIEGO DE CULTIVOS EN LADERAS, DESARROLLADO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MANIZALES**

Este prototipo no requiere personal constante, pues al encenderlo se activa el sistema de control, que se encarga de abrir las válvulas para el respectivo riego.

El sistema consta de una línea de riego madre o principal, ubicada en forma vertical al cultivo y adherida a los tanques de líquido y fertilizante, que son los que comúnmente se encuentran en esta clase de sistemas<sup>62</sup>.

---

<sup>58</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Diagnóstico por erosión. Cundinamarca. CAR, 2017.

<sup>59</sup> *Ibíd.*, p.5

<sup>60</sup> *Ibíd.*, p.6

<sup>61</sup> *Ibíd.*, p.6

<sup>62</sup> CONTEXTO GANADERO. Sistema autónomo optimiza riego de cultivos en laderas.

Dicha línea abastece a otras secundarias que van perpendiculares a esta en cada surco del cultivo, donde existe un sensor de humedad sincronizado con un centro de control o un arduino (sistema de hardware y software)<sup>63</sup>.

El sistema permite a su vez abrir o cerrar una válvula ubicada en el inicio de la línea del surco, para proporcionar el riego desde los tanques. El prototipo también tiene un sensor de lluvia para evitar riegos en cultivos descubiertos.

Los investigadores indican que el país cuenta con cerca de 900 mil hectáreas de agricultura irrigada, localizadas en su mayor parte en el centro cálido, los valles del Magdalena, Cauca y Tolima, y el nordeste próximo a la frontera con Venezuela, a lo largo de la costa del mar Caribe<sup>64</sup>.

Sin embargo, estas se localizan en zonas planas, por lo cual los sistemas de riego están diseñados específicamente para tales lugares y no consideran las zonas de ladera, las cuales requieren otros sistemas.

De otro lado, cerca del 90 % de la superficie agrícola se riega mediante sistemas por gravedad, es decir que desde las partes altas se va regando todo el cultivo. Por lo regular, la parte baja queda más humedecida por la presión del agua<sup>65</sup>.

Al respecto, explica que con este nuevo prototipo creado en la U.N. Sede Manizales se puede controlar la presión del agua evitando la saturación del suelo que produce la pudrición de la raíz en el cultivo y la pérdida de nutrientes cuando se abona por medio del riego.

Este sistema es relativamente económico, alrededor de \$200 mil. “Todo depende de la cantidad de surcos que posea el cultivo de una ladera. Por último, los investigadores manifiestan que el país tiene un potencial considerable para expandir el territorio bajo riego, debido a sus altas precipitaciones y su suelo volcánico fértil, que crean condiciones favorables para una amplia variedad de cultivos<sup>66</sup>.

No obstante, aclaran que en general la eficiencia de los sistemas de riego es muy baja, lo cual contribuye a la salinización del suelo y la erosión hídrica. Además, la presencia de escorrentía agrícola, en la que se incluyen los productos químicos de los fertilizantes y pesticidas, está aumentando en los ecosistemas colombianos<sup>67</sup>.

---

<sup>63</sup> CONTEXTO GANADERO. Sistema autónomo optimiza riego de cultivos en laderas.

<sup>64</sup> *Ibíd.*

<sup>65</sup> *Ibíd.*

<sup>66</sup> *Ibíd.*

<sup>67</sup> *Ibíd.*

## **9. OBJETIVOS**

### **9.1. OBJETIVO GENERAL**

Generar un diagnóstico para las veredas al norte de municipio de Paipa con pendientes altas, verificando si es factible o no la implementación de un distrito de riego bajo condiciones hidrológicas y geotécnicas.

### **9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los parámetros hidrológicos.
- Identificar los parámetros geotécnicos.
- Definir bajo los parámetros anteriormente mencionados si es viable la implementación de un distrito de riego para la zona norte de Paipa.
- Contrastar el análisis de las características hidrológicas, geotécnicas y proponer un posible sistema de riego adecuado a estas veredas.

## 10. ALCANCE

El presente proyecto es motivado a raíz de optimizar la calidad y cantidad de los productos cosechados y reses en las zonas altas de Paipa, a fin de que sean beneficiados los agricultores sin que la época de sequía represente un problema para el crecimiento de sus cultivos, prados y praderas.

El análisis se llevará a cabo en la zona norte de Paipa, a las siguientes veredas: Venado, Guacamayas, Peña Blanca, San Pedro, Palermo Centro, Peña Amarilla, El retiro. Se pretende poder implementar un distrito de riego bajo sus condiciones topográficas, que cumpla con un comportamiento adecuado según sus características del suelo bajo el contacto constante con el agua y los problemas erosivos no representen una limitante para el riego.

Dentro del diagnóstico se pretende analizar el proceso que tiene el comportamiento de la pendiente topográfica al entrar en contacto con una gota de agua, el recorrido que esta conlleva sobre su superficie hace que la velocidad de recorrido sea mayor y la capacidad de infiltración disminuye, para lo cual, la pendiente y características del suelo son los elementos que se deben tener en cuenta para que pueda cumplirse con un adecuado riego y así poder generar una humedad óptima para los cultivos, prados y praderas, sin que durante la interacción de estos factores se provoque el fenómeno natural conocido como erosión<sup>68</sup>.

Para analizar estos factores se pretende generar un diagnóstico bajo las características hidrológicas, geotécnicas y geológicas de la zona.

Dentro de las características geotécnicas los parámetros que se tendrán en cuenta están:

- La estratificación del suelo
- Topografía
- Permeabilidad
- Filtración del suelo
- Determinar cuál es su humedad óptima para cada cultivo

---

<sup>68</sup> DEMIN, Pablo Enrique “Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones”. En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (May. 2014)

Adicionalmente para analizar las características hidrológicas se tomarán en cuenta los parámetros como:

- Precipitación.
- Evaporación.
- Infiltración.
- Escorrentía.
- Caudal.

## **11. LIMITACIONES**

Dentro del análisis se pretende identificar el tipo de riego óptimo, y así facilitar información sobre qué diseño sería el más adecuado para la zona, y bajo qué limitantes geotécnicas y condiciones hidrológicas se pueden desarrollar. Sin embargo, algunos de los parámetros serán analizados con información secundaria debidamente referenciada.

Analizar las áreas de terrenos inclinados en la zona sur es una de las limitantes desde un punto de vista geotécnico, ya que las características pueden variar con respecto a la zona norte, y no se puede asegurar que el presente documento aplique a cualquier zona del municipio de Paipa. Adicionalmente no se va a generar el diseño de distrito de riego, si no que se pretende dar un acercamiento al riego más adecuado.



## **12. METODOLOGÍA**

### **FASE 1: Planteamiento del problema**

1. Definición del alcance del proyecto
2. Argumentos acerca de los motivos de realización del proyecto

### **FASE 2: Recolección de información**

1. Estudios previos: Para la investigación se requirieron varias fuentes de información, como lo son artículos web, textos científicos, investigaciones previas.
2. Verificar características y propiedades geotécnicas del suelo, así como la identificación de la pendiente topográfica y la situación hidrológica de la zona.
3. Consulta a personas con experiencia en el tema: ingenieros, laboratoristas, técnicos, etc.
4. Consulta de referencias para la base del análisis.

### **FASE 3: Identificación y cálculos de los parámetros geotécnicos.**

1. Identificar las erosiones presentes en la zona norte del municipio de Paipa
2. Identificar la estratificación del suelo, para así identificar la permeabilidad del suelo, filtración, posteriormente la pendiente topografía.
3. Generar un plano con los datos.

### **FASE 4: Identificación y cálculos de los parámetros hidrológicos**

1. Identificar la precipitación de la zona, evaporación, infiltración, escorrentía, y caudal.
2. Generar un plano con los datos.

### **Fase 5: Análisis de viabilidad de implementación de un distrito de riego en terrenos de alta montaña.**

1. Dar un criterio bajo las condiciones presentes en el análisis geotécnico e hidrológico si es pertinente desarrollar un distrito de riego
2. Si aplica, a partir del análisis proponer el sistema de riego más adecuado a la zona norte del municipio de Paipa.

### **Fase 6: Socialización de la comunidad.**

1. Dar conocimiento de los hallazgos encontrados durante el desarrollo de las actividades propuestas.
2. Recibir y dar sugerencias con respecto a posibles interferencias y/o condiciones que representen una limitante al desarrollo del proyecto.
3. Generar un acercamiento directo con la comunidad beneficiada por el proyecto.

### 13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Tabla 9.** Cronograma de actividades.

ACTIVIDAD		PERIODO: MENSUAL - SEMANAL																			
		ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilación y calculo de datos	Hidrologicos																				
	Precipitación																				
	Evaporación																				
	Infiltración																				
	Escorrentia																				
	Caudal																				
	Plano																				
	Geotecnicos																				
	Erosiones presentes en Paipa																				
	Estratificación del suelo																				
	Permeabilidad del suelo																				
	Filtración del suelo																				
	Topografía																				
	Plano																				
Resultados	Análisis de Viabilidad para implementar un distrito de riego																				
	Analizar los resultados Geotecnicos e Hidraulicos dar un aval para la implementación de un distrito de riego																				
	Propuesta de Sistema de riego adecuado																				
Otros	Actividades y Seguimiento																				
	Visitas de campo																				
	Informes de avance																				
	Revisión del asesor																				

Fuente: Propia

**Tabla 3.** Cronograma de actividades con la comunidad.

VISITAS DE CAMPO PERIODO: MENSUAL - SEMANAL																												
Recopilación de Información y distribución de información	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Visita 1: Socialización del proyecto																												
Visita 2: Divulgación de las actividades																												
Visita 3: Recopilación de datos																												
Visita 4: Analisis y planteamientos sobre la información recopilada																												
Visita 5: Recopilación de datos																												
Visita 6: Analisis y planteamientos sobre la información recopilada																												
Visita 7: Entrega de tesis de grado																												

Fuente: Propia

#### 14. PRODUCTOS A ENTREGAR

TIPO	NOMBRE DEL PRODUCTO
Documento	Proyecto
Documento	Plano

## **15. INSTALACIONES Y EQUIPO REQUERIDO**

Durante el desarrollo del presente proyecto se hará utilidad de los siguientes recursos.

### **15.1. INSTALACIONES**

- Biblioteca y salas de sistemas de la Universidad Católica de Colombia.
- Consulta y adquisición física y digital de documentos ante el IGAC, y otras entidades pertinentes.
- Visitas de campo

## 16. PRESUPUESTO DEL TRABAJO Y RECURSOS FINANCIEROS

**Tabla 10.** Presupuesto

PRESUPUESTO					
Actividad	Item	unidad	cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Transporte	Ida	Und	7	\$ 27,000	\$ 189,000
	Vuelta	Und	7	\$ 27,000	\$ 189,000
Alimentación	Almuerzo	Und	7	\$ 10,000	\$ 70,000
	Snaks	Und	7	\$ 5,000	\$ 35,000
Materiales	Fotocopias	Und	15	\$ 100	\$ 1,500
	Cartografia	Und	2	\$ 25,000	\$ 50,000
	Estudio estatrigrafico	ml	7	\$ 85,500	\$ 598,500
Tiempo	Asesor	HH	20	\$ 150,000	\$ 3,000,000
	Estudiante	HH	1500	\$ 15,000	\$ 22,500,000
Valor Total					\$ 26,633,000

Fuente: Propia

## 17. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Es importante mencionar que en el siguiente proyecto social es de vital importancia, para ello fue necesario recopilar información precisa del sitio de estudio, aportada por las entidades IGAC, IDEAM, la corporación autónoma regional CORPOBOYACA, son entidades que facilitan información, entre ellos la topografía, información del suelo, la precipitación, y demás contenidos requeridos.

Adicionalmente se hará un uso de las herramientas como Arcgis, para generar la información complementaria que requiera el presente proyecto.

### 17.1. COMUNIDAD:

La comunidad que habita en las veredas de la zona norte del municipio de Paipa, son una comunidad con un estándar de vida óptimo, pues no dependen mucho de el ingreso de alimento traído de otras regiones, ya que sus terrenos suplen esta necesidad, son una comunidad bastante apartada del pueblo de Paipa, esta comunidad comparte un mismo lugar para hacer sus reuniones sociales en el pueblo de Palermo la cual es la zona central de este sector.

#### Esquema 5. Registro fotográfico



Fuente: Propia.

La comunidad tiene un gran sentido de pertenencia por su municipio, demuestran ser una comunidad bastante humilde, sencilla, sociable.

### 17.2. REUNIONES:

Dentro de las visitas a la comunidad, se socializó el proyecto donde se planteó el desarrollo de un diagnóstico para un distrito de riego, la comunidad manifiesta su interés y la importancia del mismo para su región, manifestando las épocas de verano tan duras por la que pasa la comunidad en ciertas temporadas del año, de igual manera lo difícil que es adquirir este recurso para mantener sus cultivos, adicionalmente se requiere detallar la importancia que la erosión representa por ser



un terreno con inclinación, lo cual esto podría representar una descompensación de sus terrenos y desmejorar la calidad para sembrar.

**Esquema 6.** Divulgando el proyecto con la comunidad.



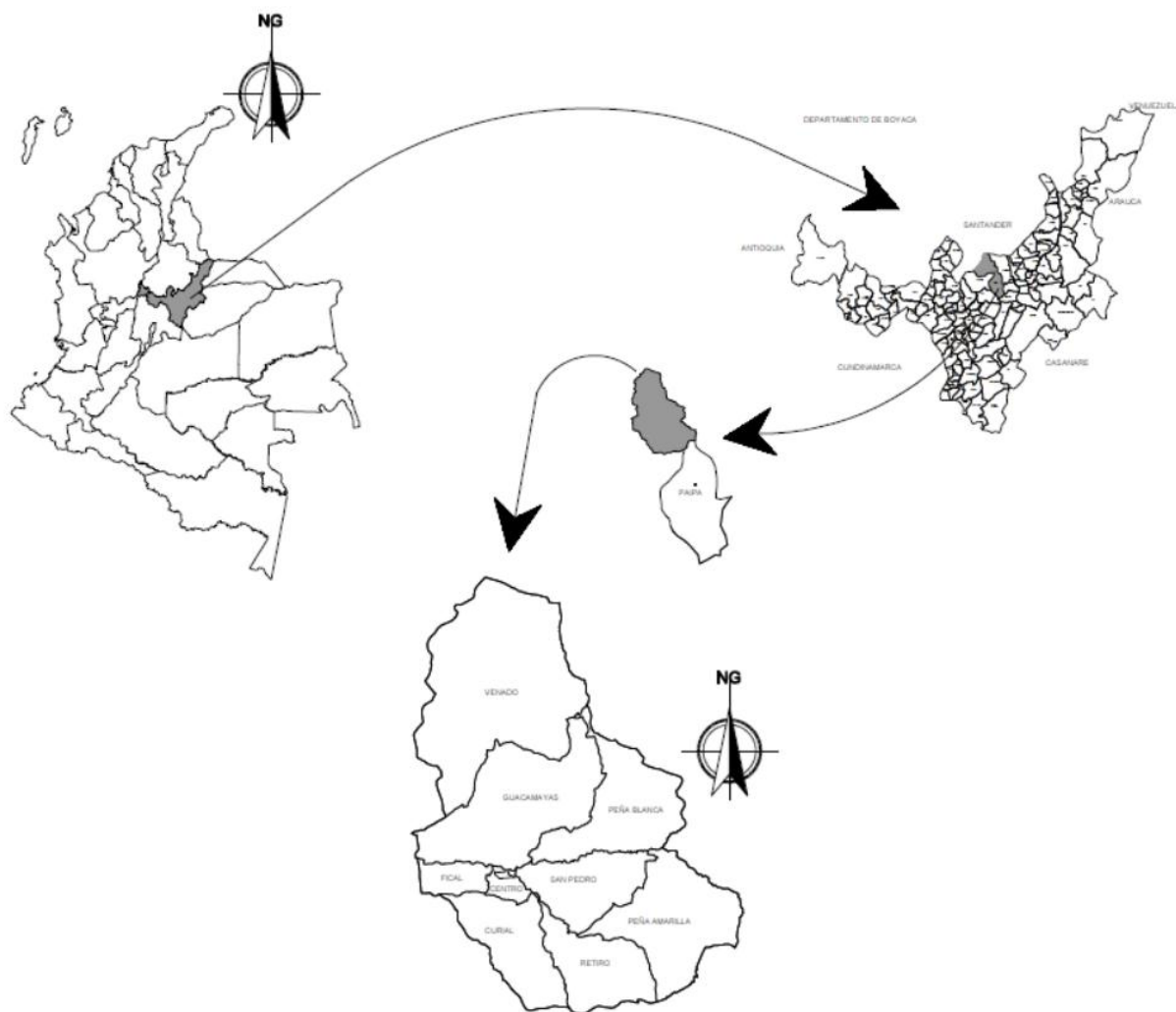
Fuente: Propia.



## 18. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Paipa es un municipio que se encuentra en la provincia de Tundama, parte del departamento de Boyacá, para el área de estudio se tendrán en cuenta las veredas de la zona Norte del municipio de Paipa

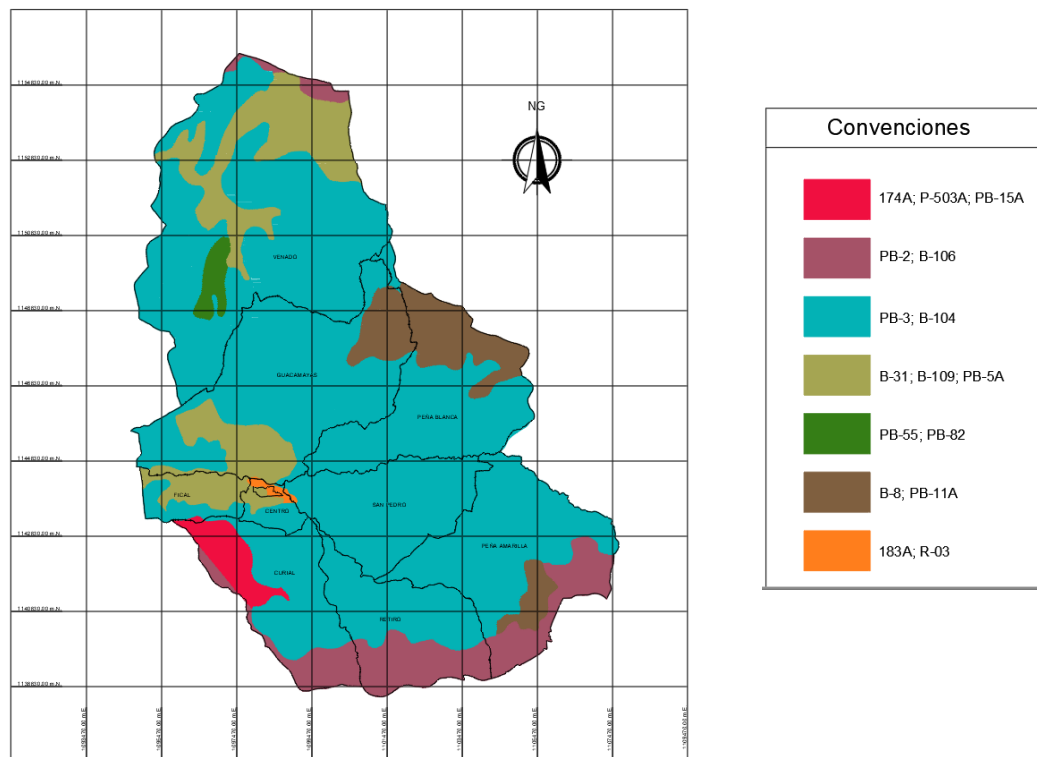
**Esquema 7.** Localización general del proyecto zona norte municipio de Paipa.



Fuente: Propia

## 19. SUELOS DE VEREDAS DE PAIPA

**Esquema 8.** Tipos de suelos en la zona norte del municipio de Paipa.



Fuente: Propia.

### 19.1. ESTRUCTURAS DE SUELO

Para identificar la estructura de suelo sobre el cual está basado el sitio de estudio se tomó como referencia la base de datos del IGAC, los perfiles de suelo en la cartilla PERFILES, DEPARTAMENTO DE BOYACA, y el BOYACA\_SUELOS.SHP disponible en la base drive carpeta abierta del IGAC.

Por medio de códigos en el mapa y la cartilla de perfiles, se logra identificar la estructura de suelo y así mismo conocer las texturas que compone el terreno en el área de estudio, para identificar la infiltración en el suelo se empleó la tabla 5 y para la permeabilidad se toma las tablas 2,3 y 4.

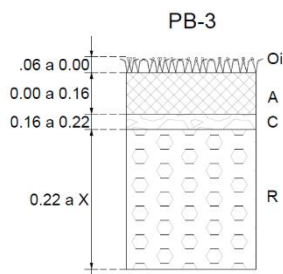
De acuerdo a lo anterior se puede decir que el suelo tiene la siguiente composición de la siguiente manera:

## 19.2. PERFILES DE SUELO PB-3 ó B-104

Este perfil de suelo tiene una presencia en la mayoría de las veredas como lo son Venado, Guacamayas, Peña Blanca, San Pedro, Peñas Amarilla, el Retiro, Curial, y una menor presencia en las veredas el Fical, Palermo, abarcando un área de 91.31 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 70.18% del área total de estudio.

### 19.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

Es un suelo favorable en algunas zonas para el crecimiento de prados y pedreras, ya que en estas hay presencia de una capa rocosa muy próxima a las primeras capas, no es recomendable hacer excavaciones, ya que si esta queda desnuda podría generar una erosión por cualquiera de los diferentes factores, si se desea cultivar es recomendable hacer un mejoramiento al terreno es decir hacer una capa mayor ya sea de una estructura franco arenosa teniendo en cuenta que el terreno no debe tener una pendiente tan pronunciada por que esto generaría erosión.



### 19.2.2. PB-3<sup>58</sup>

Oi =Material orgánico

A = Textura franco arenosa, color negro.

C = textura arenosa franca, color gris ligeramente parduzco.

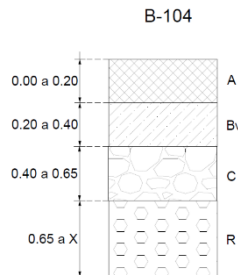
R = Areniscas fragmentada y material de derrubios.

### 19.2.3. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

Hay presencia de una capa de 0.06m de material orgánico, lo que correspondería a una vegetal en su gran mayoría en buen estado y en otras zonas ligeramente descompuesto y/o también hace referencia a productos de residuos en el ambiente natural. En 0.16m encontramos una capa franco arenosa, que corresponde a un suelo con una permeabilidad de 2.5cm/hora es una permeabilidad moderada, con una velocidad de infiltración de 12-8mm/h esto lo hace un suelo favorable para el crecimiento de la mayoría de plantas, teniendo en cuenta que hay plantas que prefieren suelos arenosos y otras que se adaptan a suelos arcillosos. Encontramos otra pequeña capa a los 0.22m de una textura arenosa franca es una capa mucho más permeable que la anterior con un índice de permeabilidad de 4cm/h una velocidad de infiltración de 15-30mm/h Después de los 0.22m encontramos una estructura completamente rocosa.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

No es una estructura recomendable para cultivar, es muy favorable para el crecimiento de prados y praderas, pero si desea cultivar se recomienda un mejoramiento del suelo, teniendo en cuenta que la pendiente no sea tan pronunciada ya que podría generar erosión.



#### 19.2.4. B-104<sup>58</sup>

A = Textura franca arcillo arenosa, color pardo, con manchas herrumbrosas en canalículos dejados por raíces y manchas poco contrastadas pardo grisáceas oscuras.

Bw = Textura franco arcillo arenosa, color pardo, pardo grisáceo oscuro y pardo amarillento.

C = Textura franco arcillo arenosa, con presencia de cantos de arenisca, color pardo, pardo grisáceo oscuro y pardo amarillento.

R = Roca del tipo arenisca.

#### 19.2.5. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

En 0.65m se encuentra una capa franca arcillo arenosa, lo cual sigue siendo un suelo con una permeabilidad 0.25 moderadamente lenta y una velocidad de infiltración 6-10mm/h. Después de los 0.65m encontramos una estructura completamente rocosa.

Es una estructura favorable para cultivar, teniendo en cuenta que es recomendable no hacer excavaciones profundas ya que esto podría desmejorar la estructura del suelo que se desea emplear para cultivar y podría provocar erosión en la misma.

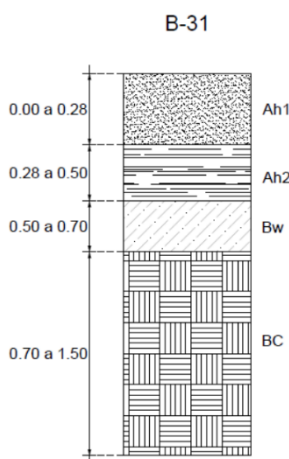
#### 19.2.6. PERFILES DE SUELO: B-31; B-109 ó PB-5A

Este perfil de suelo tiene presencia en las veredas Venado, Guacamayas, y gran porcentaje en Fical y Palermo abarcando un área de 15.65 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 12.03% del área total de estudio.

#### 19.2.7. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

Es un suelo mayormente favorable para el crecimiento de los cultivos, aunque en algunas zonas haya presencia de rocas lo cual hace que su permeabilidad aumente al igual que la velocidad de infiltración, pero por estar mezclado con material permeable hace que en su estructura haya estabilidad y capacidad de retención de agua.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.



#### 19.2.8. B-31<sup>58</sup>

Ah1 = Textura franco arenosa, color negro.

Ah2 = Textura franco arenosa, color pardo grisáceo muy oscuro.

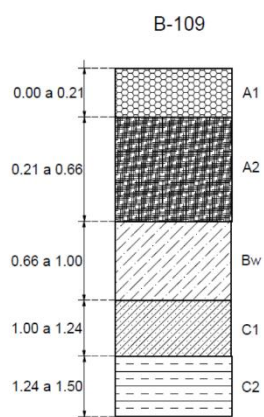
Bw = Textura franco arcillo arenosa, color en húmedo pardo amarillento oscuro y pardo grisáceo oscuro.

BC=Textura arcillosa, color pardo amarillento claro, con manchas grandes, contrastadas de pardo fuerte y gris claro.

### 19.2.9. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

Dentro de sus primeros 0.50m encontramos una capa franco arenosa, que corresponde a un suelo con una permeabilidad de 2.5cm/hora es una permeabilidad moderada, con una velocidad de infiltración de 12-18mm/h, esto lo hace un suelo favorable para el crecimiento de la mayoría de plantas, teniendo en cuenta que hay plantas que prefieren suelos arenosos y otras que se adaptan a suelos arcillosos. A los 0.70m se encuentra una capa franca arcillo arenosa, lo cual sigue siendo un suelo con una permeabilidad moderada y una velocidad de infiltración un poco más baja con respecto a sus capas superiores, en una profundidad de 1.50m se encuentra una capa arcillosa lo cual son suelos completamente permeables es decir tiene una permeabilidad de 0.05cm/hora lo cual es muy lento y su capacidad de infiltración es muy baja estaría dentro de un rango 3-6mm/h.

#### 19.2.10. B-109<sup>58</sup>



A1 = Textura franco arenosa, color gris muy oscuro

A2 = Textura franco arenosa, color negro.

Bw= Textura franco arenosa, color pardo grisáceo muy oscuro.

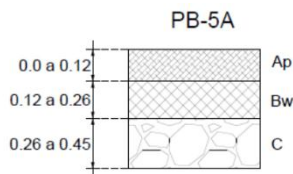
C1 = Textura franco arcillosa, colores pardo amarillento, pardo fuerte y pardo pálido.

C2 = Textura arcillosa, color pardo fuerte con manchas litocrómicas medianas contrastadas rojo amarillentas y pequeñas contrastadas de gris claro.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

#### 19.2.11. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

Dentro de sus primeros 1.00m encontramos una capa franco arenosa, que corresponde a un suelo con una permeabilidad de 2.5cm/hora es una permeabilidad moderada, con una velocidad de infiltración de 12-18mm/h, esto lo hace un suelo favorable para el crecimiento de la mayoría de plantas, teniendo en cuenta que hay plantas que prefieren suelos arenosos y otras que se adaptan a suelos arcillosos. A los 1.24m se encuentra una capa franca arcillosa, es un suelo con una permeabilidad 0.8cm/h es decir es lenta y una velocidad de infiltración 6-10mm un poco más baja con respecto a sus capas superiores, en una profundidad de 1.50m se encuentra una capa arcillosa lo cual son suelos completamente permeables es decir tiene una permeabilidad de 0.05cm/hora lo cual es muy lento y su capacidad de infiltración es muy baja estaría dentro de un rango 3-6mm/h.



#### 19.2.12. PB-5A<sup>58</sup>

Ap = Textura franco arenosa gravilosa, color negro.

Bw = Textura franco arenosa gravilosa, Color pardo grisáceo

C = Textura franco arcillo arenosa gravilosa; Color gris en con manchas pardo fuerte.

#### 19.2.13. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

Dentro de sus primeros 0.26m encontramos una capa franco arenosa gravilosa, que corresponde a un suelo que es bueno, pero se encuentra mezclado con rocas pequeños fragmentos que pueden ser producto de una erosión hídrica presente en el sector. En una profundidad de 0.45m se encuentra una textura más permeable, pero con igual presencia de rocas.

#### 19.2.14. PERFILES DE SUELO: PB-2; B-106

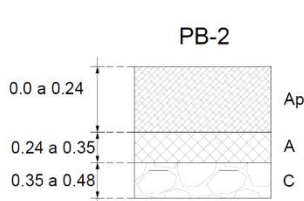
Este perfil de suelo tiene una presencia en las veredas Curial, el Retiro y Peña amarillas abarcando un área de 11.07 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 8.51% del área total de estudio.

#### 19.2.15. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

Es muy favorable para prados y praderas, podría ser un suelo favorable para cultivar, aunque las capas favorables son casi superficiales no superan los 0.35m de profundidad, lo cual indicaría que se puede utilizar para plantas que sus raíces no superen esta longitud. De lo contrario habría que hacer un mejoramiento en su estructura para mejorar las condiciones del suelo.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

A diferencia en otras zonas donde es posible encontrar unas capas más grandes superando los 0.48m donde es posible cultivar sin ningún problema porque las condiciones del suelo son favorables.



#### 19.2.16. PB-2<sup>58</sup>

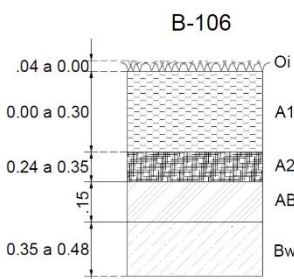
Ap = Textura franco arenosa, color negro.

A = Textura franca, color pardo grisáceo muy oscuro, mezclado con pardo amarillento oscuro en un 20%.

C = Textura franca gravillosa, color oliva, mezclado con pardo amarillento, 60 y 40% respectivamente.

#### 19.2.17. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

Dentro de sus primeros 0.24m encontramos una capa franco arenosa, que corresponde a un suelo con una permeabilidad de 2.5cm/hora es una permeabilidad moderada, con una velocidad de infiltración de 12-18mm/h, esto lo hace un suelo favorable para el crecimiento de la mayoría de plantas, teniendo en cuenta que hay plantas que prefieren suelos arenosos y otras que se adaptan a suelos arcillosos. A los 0.35m hay una textura franca con una permeabilidad de 1.3 cm/h moderadamente lenta, con una velocidad de infiltración de 8-14mm/h. En 0.48m hay una textura franca gravillosa, esta capa tendría las condiciones de la capa próxima superior, pero con la diferencia que esta mezclada con roca “grava” es decir una estructura más permeable y con capacidad una velocidad de infiltración más grande.



#### 19.2.18. B-106<sup>58</sup>

Oi = Material vegetal fresco y parcialmente descompuesto.

A1 = Textura franco arenosa, color negro.

A2 = Textura franco arenosa, color gris muy oscuro.

AB = Textura franco arcillo arenosa, color pardo.

Bw = Textura franco arcillo arenosa, color en húmedo pardo amarillento con manchas litocrómicas pequeñas contrastadas de color pardo fuerte.

#### 19.2.19. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

Hay presencia de una capa de 0.04m de material vegetal, lo que correspondería a una vegetal en su gran mayoría fresco y en otras zonas parcialmente descompuesto. Dentro de sus primeros 0.35m encontramos una capa franco arenosa, que corresponde a un suelo con una permeabilidad de 2.5cm/hora es una permeabilidad moderada, con una velocidad de infiltración de 12-18mm/h,

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.



esto lo hace un suelo favorable para el crecimiento de la mayoría de plantas, teniendo en cuenta que hay plantas que prefieren suelos arenosos y otras que se adaptan a suelos arcillosos. se encuentra una capa franca arcillo arenosa, lo cual sigue siendo un suelo con una permeabilidad moderada y una velocidad de infiltración un poco más baja con respecto a sus capas superiores.

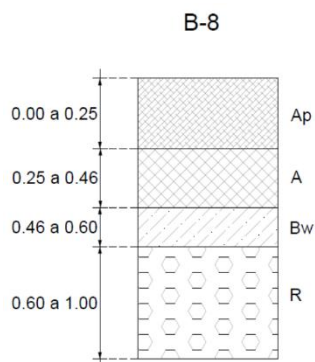
#### 19.2.20. PERFILES DE SUELO: B-8; PB-11A

Este perfil de suelo tiene una presencia en las veredas Peña Amarilla, Peña Blanca y Guacamayas abarcando un área de 8.12 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 6.24% del área total de estudio.

#### 19.2.21. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

En algunas zonas con perfil B-8, encontraremos un suelo apto para cultivar, igualmente si solo se desea emplear para prados y praderas son muy favorables. posee una buena estructura, es recomendable no hacer excavaciones profundas ya que en menos de un metro encontramos una estructura rocosa, y si se llega a dejar desnuda puede generar erosiones.

En zonas con una perfil estratigráfico PB11A, no es recomendable para cultivos que no requieren de encharcamientos, si este suelo se encuentra en una pendiente muy alta no es recomendable por que al momento de implementar un riego no va a tener tiempo de infiltrar el agua y se puede producir el fenómeno de escorrentía, de igual forma si se va a utilizar para cultivar es recomendable mantener unas condiciones favorables del suelo es decir ni mucha ni poca agua porque es propenso a sufrir erosión.



#### 19.2.22. B-8<sup>58</sup>

Ap = Textura franca, color en húmedo negro.

A = Textura franca, color negro

Bw = Textura franca, color pardo grisáceo con manchas pequeñas contrastadas pardo amarillentas oscuras.

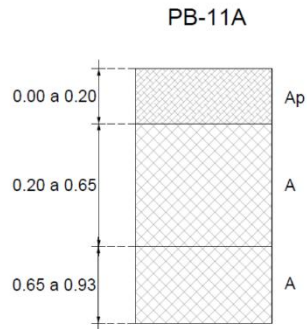
R = Lutitas parcialmente alteradas.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.



### 19.2.23. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

A 0.60m encontramos una capa de textura franca, con un índice de permeabilidad de 1.3cm/h, moderadamente lenta, con una velocidad de infiltración de 8-14mm/h. a 1.00m encontramos otra capa de rocas lulitas.



### 19.2.24. PB-11A<sup>58</sup>

Ap = Textura arcillosa, color negro.

A = Textura arcillosa, color negro

A = Textura arcillosa, con 10% de fragmentos rocosos, color pardo amarillento con 20% de manchas gris claras a grises

### 19.2.25. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

En una capa de 0.65m encontramos textura arcillosa con un índice de permeabilidad de 0.05cm/h, lo cual es demasiado lenta, su velocidad de infiltración es de 3-6mm/h, en una capa inferior a 0.93m seguimos encontrando textura arcillosa, pero con algunos fragmentos rocosos.

### 19.2.26. PERFILES DE SUELO: 174A; P-503A; PB-15A

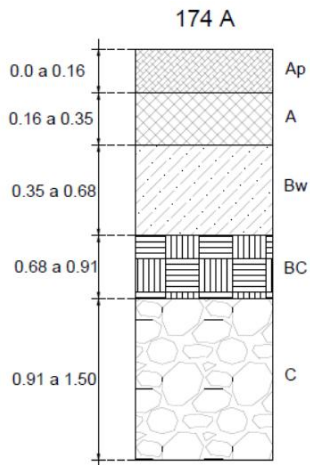
Este perfil de suelo tiene una presencia en la vereda Curial abarcando un área de 2.41 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 1.85% del área total de estudio.

### 19.2.27. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

Es un suelo muy bueno para cultivar su textura tiene una capacidad de retención de agua favorable para mantener alimentar las plantas, en este suelo cabe resaltar que es bueno mantenerlo en condiciones porque si se descompensa su estructura original la permeabilidad cambia igualmente que su velocidad de infiltración y las condiciones del terreno cambia, en una capa con una profundidad aproximada de 0.97 hay una deyección de lombrises de lo cual da un buen indicio de un suelo favorable para cultivar.

De igual forma hay zonas que tendrán una estructura de suelo favorable para cultivar a diferencia de las otras es que esta estructura si se profundiza encontramos roca, de igual forma no es recomendable hacer excavaciones y dejar al desnudo pueden provocar erosiones.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.



#### 19.2.28. 174A<sup>58</sup>

Ap = Textura franca, color pardo amarillento oscuro.

A = Textura franco arcillo arenosa, color pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro.

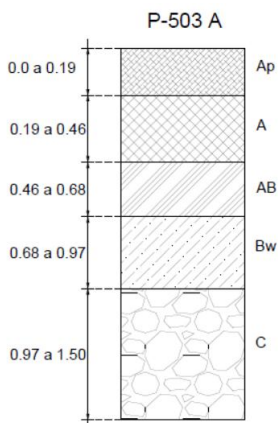
Bw = Textura franco arcillosa, color pardo rojizo oscuro, manchas pardo rojizas oscuras.

BC = Textura arcillosa, color pardo rojizo en húmedo con manchas pardo rojizo oscuras.

C = Textura arcillosa, color pardo fuerte.

#### 19.2.29. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

A 0.16m encontramos una capa de textura franca, con un índice de permeabilidad de 1.3cm/h, moderadamente lenta, con una velocidad de infiltración de 8-14mm/h, se encuentra en 0.68m una capa franca arcillo arenosa, lo cual sigue siendo un suelo con una permeabilidad moderada y una velocidad de infiltración un poco más baja con respecto a su capa superior, en una capa de 1.50m encontramos textura arcillosa con un índice de permeabilidad de 0.05cm/h, lo cual es demasiado lenta, su velocidad de infiltración es de 3-6mm/h



#### 19.2.30. P-503A<sup>58</sup>

Ap = Textura franco arcillosa, color pardo oscuro.

A = Textura franco arcillo arenosa, color pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro.

AB = Textura franco arcillo arenosa, color pardo oscuro, con abundantes manchas claras, pardas a pardas oscuras.

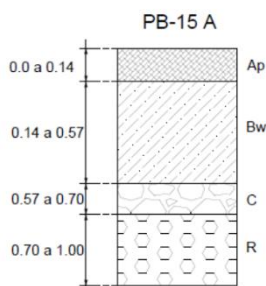
Bw = Textura arcillo arenosa, color pardo rojizo, con manchas abundantes, gruesas, prominentes, pardas oscuras debido a las deyecciones de lombrices.

C = Textura arcillosa, color pardo rojizo.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

### 19.2.31. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

A los 0.19m se encuentra una capa franca arcillosa, es un suelo con una permeabilidad 0.8cm/h es decir es lenta y una velocidad de infiltración 6-10mm, En 0.97m una capa franca arcillo arenosa, lo cual es un suelo con una permeabilidad moderada y una velocidad de infiltración un poco más alta con respecto a su capa superior, dentro de toda esta capa en la parte inferior encontraremos deyecciones de lombrices, a 1.50m encontramos una textura arcillosa con un índice de permeabilidad de 0.05cm/h, lo cual es demasiado lenta, su velocidad de infiltración es de 3-6mm/h.



### 19.2.32. PB-15A<sup>58</sup>

Ap = Textura franco arcillo arenosa gravilosa, color pardo a pardo oscuro.

Bw = Textura franco arcillosa, color pardo oscuro.

C = Textura franco arcillosa gravilosa, color pardo oscuro.

R = Roca compuesta de lutitas grises y negras.

### 19.2.33. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

A los 0.70m se encuentra una capa franca arcillosa, es un suelo con una permeabilidad 0.8cm/h es decir es lenta y una velocidad de infiltración 6-10mm, esta capa se encuentra combinada con presencia de rocas. En una capa de 1.00 hay presencia de rocas lutitas.

### 19.2.34. PERFILES DE SUELO: PB-55; PB-82

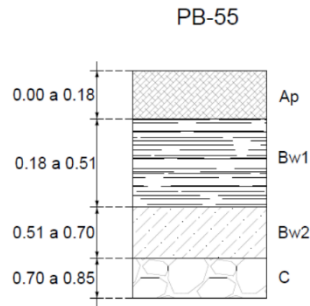
Este perfil de suelo tiene una presencia en la vereda Venado con un área de 1.17 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 0.90% del área total de estudio.

### 19.2.35. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

No es recomendable para cultivos que no requieren de encharcamientos, si este suelo se encuentra en una pendiente muy alta no es recomendable por que al momento de implementar un riego no va a tener tiempo de infiltrar el agua y se puede producir el fenómeno de escorrentía, de igual forma si se va a utilizar para cultivar es recomendable mantener unas condiciones favorables del suelo es decir ni mucha ni poca agua porque es propenso a sufrir erosión.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

#### 19.2.36. PB-55<sup>58</sup>



Ap = Textura arcillosa, color gris muy oscuro.

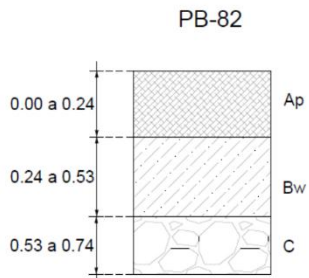
Bw1 = Textura arcillosa, color pardo grisáceo oscuro con manchas abundantes, medianas, claras y contrastadas de color pardo rojizas.

Bw2 = Textura arcillosa, color pardo grisáceo oscuro con manchas abundantes, medianas, claras y contrastadas de colores pardo rojizas y grises.

C = Textura arcillosa, colores en húmedo pardo fuerte y gris oscuro en partes iguales.

#### 19.2.37. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

En una capa de 0.85m encontramos textura arcillosa con un índice de permeabilidad de 0.05cm/h, lo cual es demasiado lenta, su velocidad de infiltración es de 3-6mm/h.



#### 19.2.38. PB-82<sup>58</sup>

Ap = Textura arcillosa, color pardo a pardo oscuro.

Bw= Textura arcillosa, color pardo amarillento.

C = Textura franco arcillosa, color en húmedo pardo a pardo oscuro.

#### 19.2.39. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

En una capa de 0.53m encontramos textura arcillosa con un índice de permeabilidad de 0.05cm/h, lo cual es demasiado lenta, su velocidad de infiltración es de 3-6mm/h, en 0.74 se encuentra una capa franca arcillosa, es un suelo con una permeabilidad 0.8cm/h es decir es lenta y una velocidad de infiltración 6-10mm.

#### 19.2.40. PERFILES DE SUELO: 183A; R-03

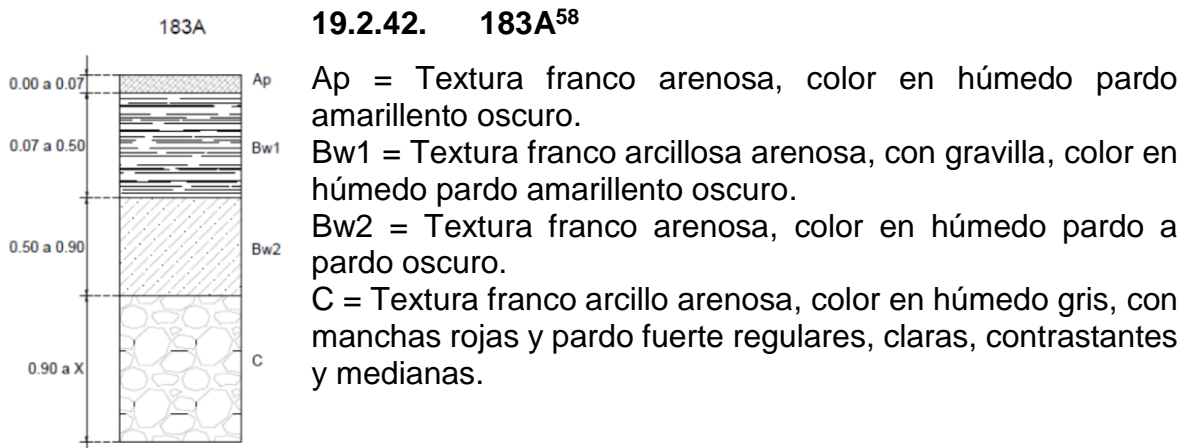
Este perfil de suelo tiene una presencia en la vereda Palermo con un área de 0.41 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 0.31% del área total de estudio.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

#### 19.2.41. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

En el perfil R-03 Es un suelo que puede ser favorable para cultivar, se debe emplear de la manera más adecuada porque si se descompensa su estructura las condiciones del suelo cambian, se puede hacer una capa más gruesa para plantas con raíces que superen los 0.30m de profundidad, no es recomendable que si tiene pendientes muy pronunciadas hacer este tipo de intervenciones, es completamente favorable para el crecimiento de prados y praderas.

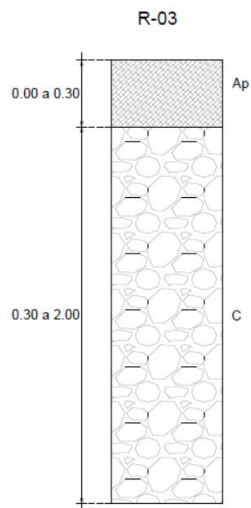
En las áreas de suelo con condiciones del perfil 183A se considera un suelo muy bueno para cultivar supera una capa bastante amplia para cultivos con raíces de 1m de profundidad, las condiciones son óptimas tanto por su capacidad de retención de agua como para el crecimiento de las mismas.



#### 19.2.43. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

Dentro de sus primeros 0.07m encontramos una capa franco arenosa, que corresponde a un suelo con una permeabilidad de 2.5cm/hora es una permeabilidad moderada, con una velocidad de infiltración de 12-18mm/h, en 0.90m una capa franca arcillo arenosa, lo cual sigue siendo un suelo con una permeabilidad moderada y una velocidad de infiltración un poco más baja con respecto a su capa superior. Este perfil tiene las capas intercaladas.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.



#### 19.2.44. R-03 <sup>58</sup>

Ap = textura franca, color en húmedo pardo oscuro.

C= Capa de cantos redondeados de diámetro menor a 10 cm, con matriz fina arenosa franca.

#### 19.2.45. PERMEABILIDAD E INFILTRACIÓN

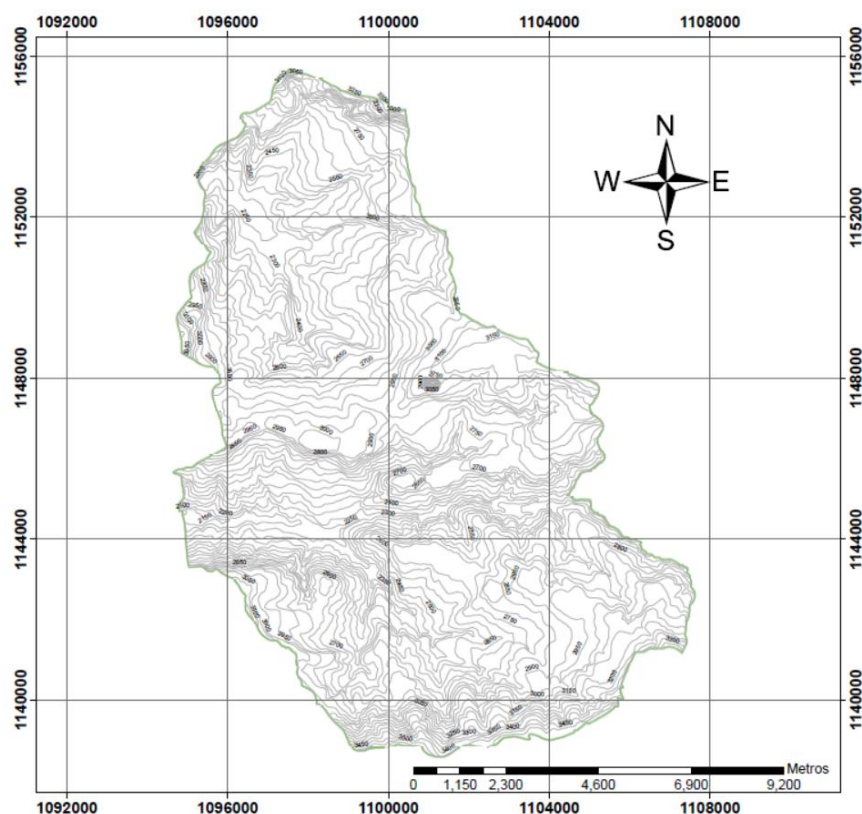
A 0.30m encontramos una capa de textura franca, con un índice de permeabilidad de 1.3cm/h, moderadamente lenta, con una velocidad de infiltración de 8-14mm/h, en una estructura sobre los 2.00m encontramos cantos redondeados mezclado con una matriz arenosa franca.

<sup>58</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

## 20. TOPOGRAFÍA

En la zona norte del municipio de Paipa, dentro del área de estudio, se presenta pendientes suaves a muy pronunciadas, con cotas desde los 2150msnm a 3400msnm, es de vital importancia identificar la pendiente y el tipo del suelo sobre el cual se piensa cultivar porque de esta manera se puede determinar si se puede desarrollar un riego sobre su suelo, aunque en los perfiles de suelos ya anteriormente mencionados, en su gran mayoría son propicios, pero se va tener en cuenta la pendiente porque con ella se puede establecer si el fenómeno de escorrentía es muy probable que ocurra o de lo contrario sus condiciones de suelo presentan una textura que impida la infiltración del agua sobre en el mismo.

**Esquema 9.** Topografía de la zona norte del municipio de Paipa.



Fuente: Propia

Para identificar la topografía del lugar, se adquirió la información almacenada en la base de datos del IGAC, en los planos 171IIA, 171IIB, 171IIC, 171IID, 171IVA, 171IVB.<sup>59</sup>

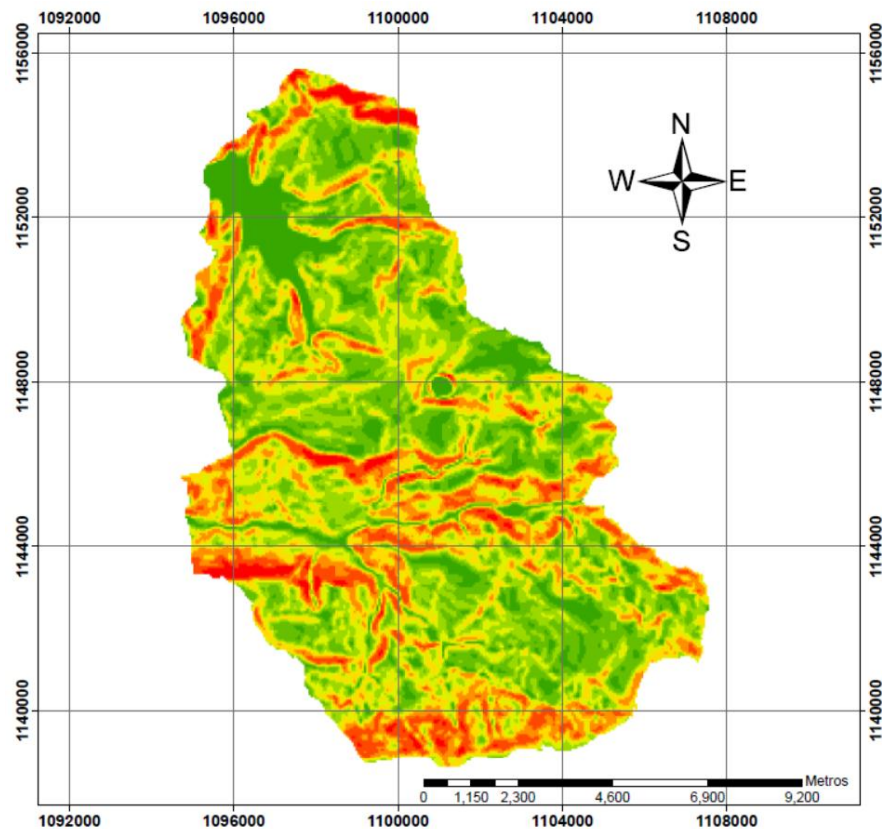
<sup>59</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Topografía del municipio de Paipa.



## 20.1. PENDIENTE TOPOGRÁFICA:

Para identificar la pendiente topográfica en cada una de las veredas, se toma el cálculo de la fórmula de la pendiente, y se corrobora con el programa ARGIS, para tener una certeza de la misma.

**Esquema 10.** Mapa de pendientes topográficas.



Fuente: Propia.

En el siguiente mapa las pendientes más altas están definidas con color rojo, las pendientes más bajas están de color verde, las transiciones entre estas dos pendientes se encuentran de color amarillo y naranja. Lo que se puede detallar de acuerdo a la información anterior es que todo el terreno tiene presencia de inclinación de 41° a 56° siendo la pendiente más alta, de igual manera hay menor presencia de superficie plana de 0° a 17°.

CONVENCIONES	
PENDIENTE	
<VALUE>	
0° - 5.94°	17.16° - 22.43°
5.95° - 11.87°	22.44° - 28.14°
11.88° - 17.15°	28.15° - 34.08°
	34.09° - 41.33°
	41.34° - 56.07°

Lo cual esto indica que teniendo en cuenta lo anterior se puede decir que el terreno predomina una pendiente media de 18° a 40°.

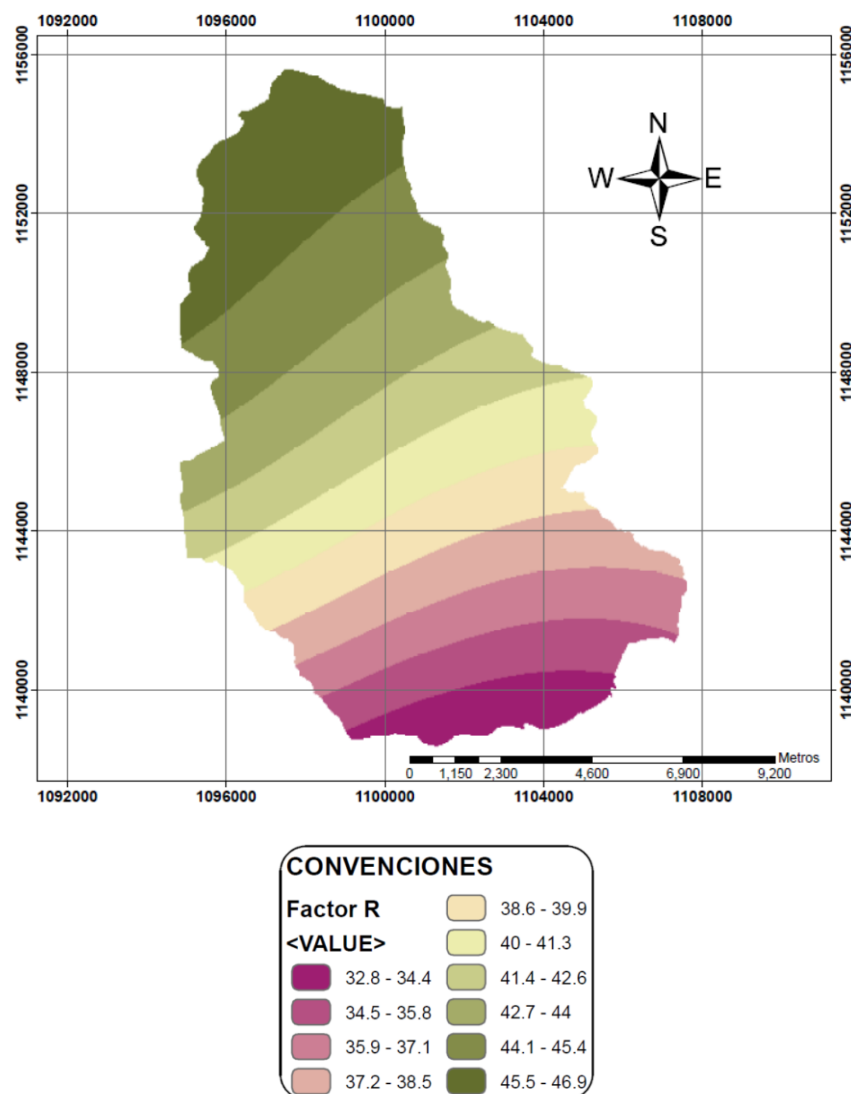


## 21. EROSION EN LA ZONA DE ESTUDIO

Paipa es un municipio que cuenta con una topografía montañosa en su gran parte del territorio, dentro de su topografía se encuentra una composición del suelo bastante fértil para el uso agropecuario, para lo cual las zonas con pendientes que van de 41° a 56°, requieren un especial cuidado a la hora de implementar un distrito de riego.

### 21.1. FACTOR R: Erosividad de la lluvia en Mj.mm/ha. año.

**Esquema 11.** Mapa de evaluación del Factor R.



Fuente: Propia.

Precipitaciones mensuales para hallar el factor R.

**Tabla 11.**Datos de precipitaciones mensuales máxima multianual para la estación LA SIERRA.

Código Estación	Nombre Estación	ESTE	NORTE	Altitud	MES	PRECIPITACIÓN MAX
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Enero	46.90
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Febrero	45.00
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Marzo	51.40
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Abril	47.00
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Mayo	62.70
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Junio	54.80
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Julio	40.50
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Agosto	29.70
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Septiembre	44.20
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Octubre	44.40
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Noviembre	67.70
24025030	LA SIERRA - AUT [24025030]	1,097,560.86	1,155,629.23	2700	Diciembre	52.30

Fuente: IDEAM<sup>60</sup>

<sup>60</sup>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEAM. Solicitud de información, Bogotá. Registro histórico de las estaciones meteorológicas ubicadas en Paipa.

**Tabla 12.**Datos de precipitaciones mensuales máxima multianual para la estación PALERMO.

<b>Código Estación</b>	<b>Nombre Estación</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>Altitud</b>	<b>MES</b>	<b>PRECIPITACIÓN MAX</b>
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Enero	43.00
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Febrero	42.50
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Marzo	50.00
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Abril	49.50
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Mayo	80.50
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Junio	49.00
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Julio	44.50
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Agosto	36.00
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Septiembre	28.00
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Octubre	52.50
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Noviembre	62.00
24010870	PALERMO [24010870]	1,094,868.35	1,144,851.28	2200	Diciembre	51.30

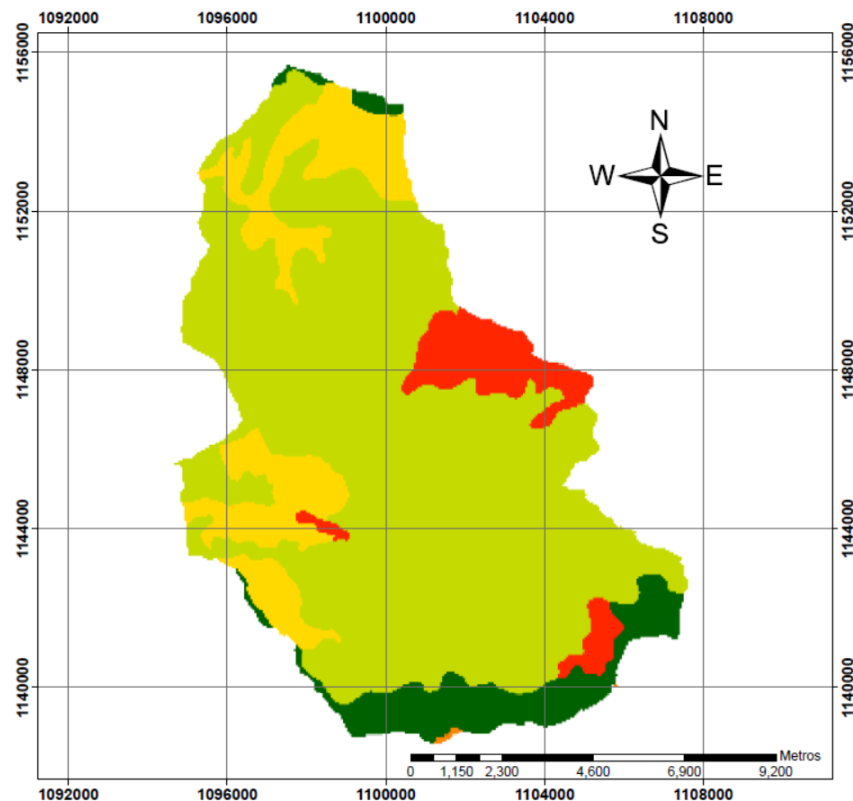
Fuente: IDEAM<sup>60</sup>







<sup>60</sup>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEAM. Solicitud de información, Bogotá. Registro histórico de las estaciones meteorológicas ubicadas en Paipa.

## 21.2. FACTOR K: Erosionabilidad del suelo en (t/ha)/(Mj.mm/ha.h).

Con los perfiles de suelo anteriormente identificados se halla el factor K.

**Esquema 12.** Mapa de evaluación del Factor K.



CONVENCIONES	
FACTOR K	
<VALUE>	
 0.02332	 0.02807 - 0.02935
 0.02333 - 0.02806	 0.02936 - 0.02947
	 0.02948 - 0.03063
	 0.03064 - 0.03357

Fuente: Propia.

<sup>61</sup>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

En la siguiente tabla se hace referencia de los perfiles de suelo presente en el área de estudio, cada perfil tiene una textura de suelo y dependiendo de la textura superficial presente, se define un porcentaje de arena, limo y arcilla. Se opera de acuerdo a la ecuación 3.

**Tabla 13.** Cálculos del Factor K.

PERFIL	%Arena	% Limo	%Arcilla	%Carbono Orgánico
<b>PB-3; B-104</b>	40	25	20	3.64
<b>B-31; B-109; PB-5A</b>	40	30	20	10.46
<b>PB-2; B-106</b>	65	20	15	17.20
<b>B-8; PB-11A</b>	60	35	0	7.77
<b>PB-13A; 503</b>	45	35	20	5.00
<b>183A; R-03</b>	60	40	0	1.59

Fuente: IGAC<sup>61</sup>

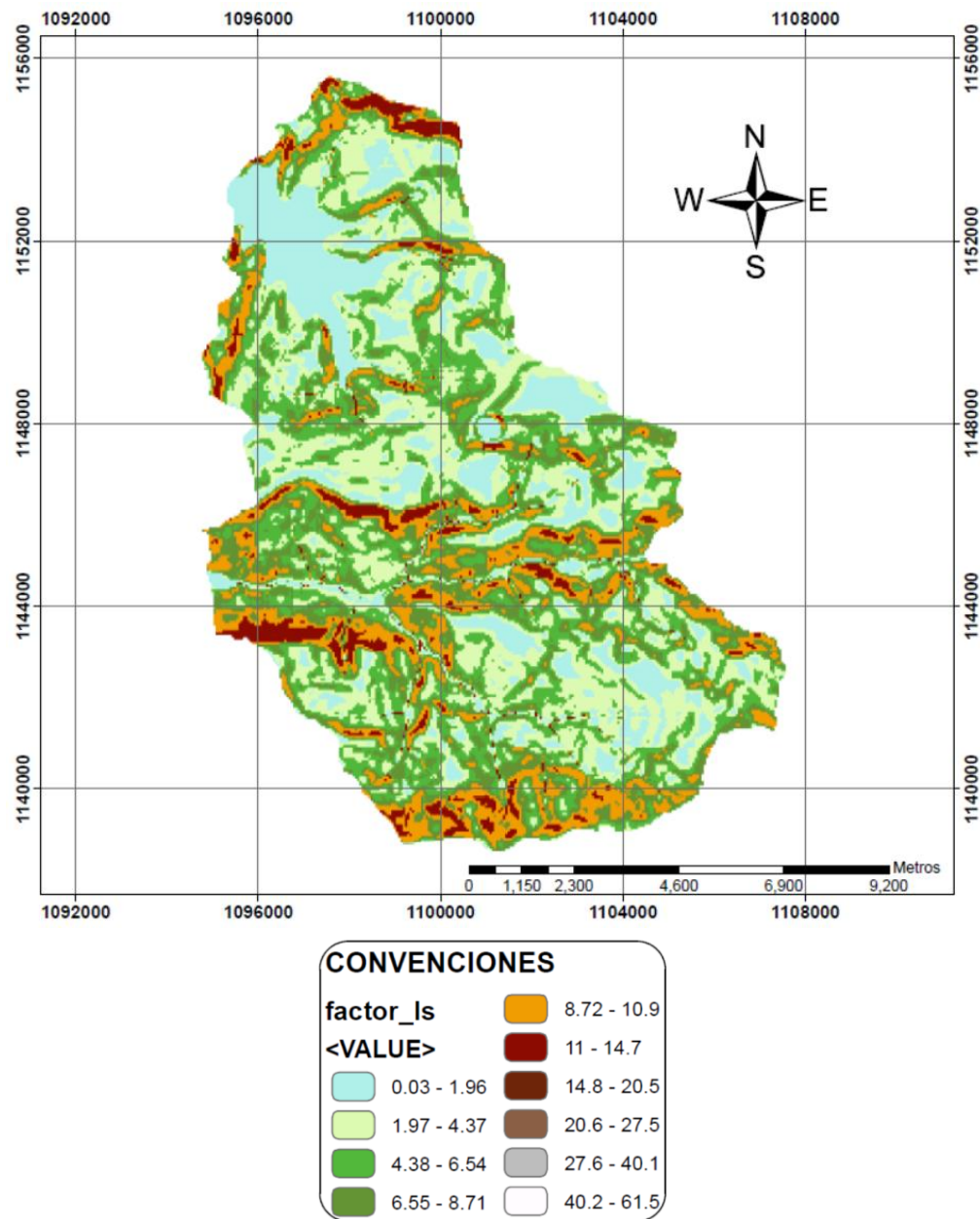
fcsand	fcl-si	forgc	fhisand	K
0.34	0.84	0.75	1.00	0.03
0.35	0.86	0.75	1.00	0.03
0.28	0.85	0.75	1.00	0.02
0.31	1.00	0.75	1.00	0.03
0.34	0.87	0.75	1.00	0.03
0.32	1.00	0.80	1.00	0.03

Fuente: IGAC<sup>61</sup>.

<sup>61</sup>INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

### 21.3. FACTOR LS: Longitud(L) y Pendiente(S) del terreno (adimensional)

Esquema 13. Mapa de evaluación del Factor LS.

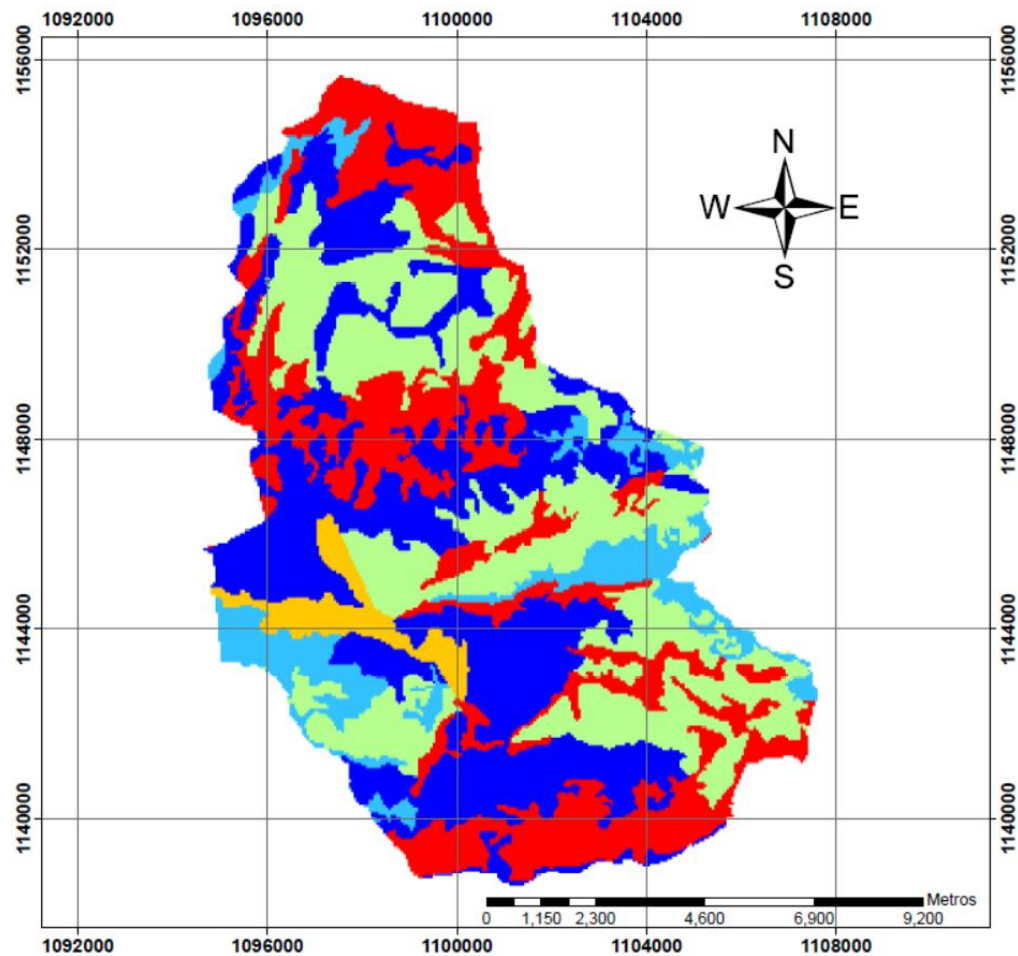


Fuente: Propia

Dependiendo de la cobertura en el terreno y la inclinación presente en el mismo lugar se hace una identificación del factor LS.

#### 21.4. FACTOR C: Cobertura y manejo de la vegetación (adimensional)

Esquema 14. Mapa de evaluación del Factor C.



CONVENCIONES	
factor_c	
<VALUE>	
0.0001	0.008 - 0.012
0.000100001 - 0.008	0.012 - 0.02
	0.02 - 0.029999999

Fuente: Propia.

Para utilizar el factor C es indispensable saber el tipo de cubierta que presenta la zona de estudio en el municipio de Paipa, para el caso es asimilar de la siguiente manera:

**Tabla 14.** Cobertura vegetal en el área de estudio, Factor C.

<b>COBERTURA</b>	<b>Factor C</b>
Bosque denso	0.0001
Mosaico de pastos con espacios naturales	0.03
Arbustal	0.02
Bosque abierto	0.0001
Herbazal	0.03
Bosque de galería y ripario	0.0001
Pastos limpios	0.009
Vegetación secundaria o en transición	0.012
Bosque fragmentado	0.0001
Tejido urbano continuo	0.005
Pastos limpios	0.009
Pastos enmalezados	0.02
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0.008

Fuente: Universidad de Costa Rica<sup>57</sup>

<sup>57</sup> UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, “evaluación del Factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río birrís, costa rica”, agronomía costarricense. San José, Costa Rica, vol. 33, núm. 2, 2009, p. 230.

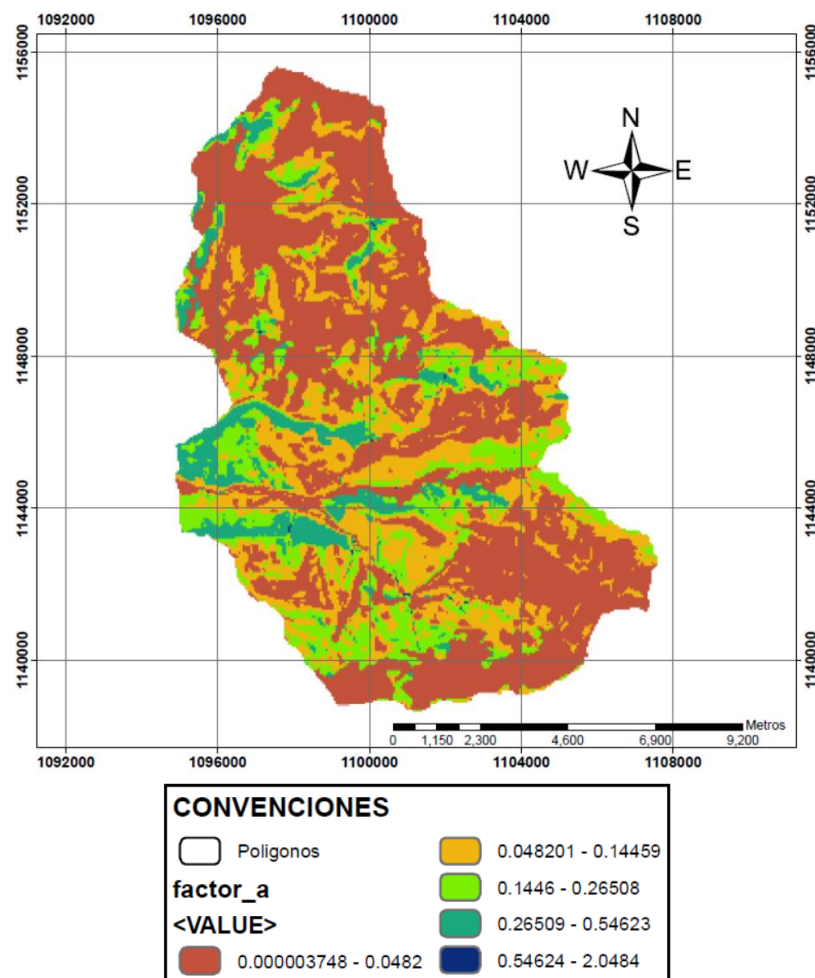


### 21.5. FACTOR A:

El cálculo de la erosión actual se obtiene a través de la USLE, efectuando la multiplicación de todos los factores que la conforman:  $R * K * LS * C * P$ . En cuanto a la erosión potencial se puede obtener a través de las dos metodologías; a partir de la USLE se obtiene multiplicando sólo tres de sus factores  $R * K * LS$ .<sup>58</sup>

La estimación de la erosión hídrica requiere de información temática como suelos, clima, pendiente y cobertura y uso de la tierra, la cual, se automatiza a través del sistema de información geográfico y mediante análisis espacial (superposición) se obtiene un mapa resultante que indica los rangos de erosión.<sup>58</sup>

**Esquema 15.** Mapa de evaluación del Factor A.



Fuente: Propia.

<sup>58</sup>CORTOLIMA, " 2.12 Pérdida De Suelos 2.12.1 Ecuación Universal De Pérdida De Suelos (USLE-MUSLE)". p.2



## 22. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS CUENCA LA SIERRA

En el estudio hidrológico que se hizo en la zona norte del municipio de Paipa, se identificó dos cuencas, la cuenca la Sierra, y la cuenca Palermo, identificadas de esa manera por sus estaciones.

### 22.1. DATOS DE LA CUENCA:

**Tabla 15.** Datos de precipitaciones máxima mensual multianual.

Año	Estación la sierra (Precipitación máxima mensual en un día)												Precipitación Max Anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2000	17,4	17,0	21,4	24,7	18,1	29,0	40,50	14,5	8,0	17,6	25,7	25,5	40,50
2001	20,3	16,5	30,6	29,4	57,5	28,0	25,2	27,4	14,7	37,4	38,1	51,6	57,50
2002	34,6	11,0	28,4	36,8	38,4	38,3	17,4	22,7	14,7	44,40	48,1	19,2	48,10
2003	29,7	21,8	47,5	37,5	45,7	27,9	29,2	17,4	24,2	25,6	29,2	19,8	47,50
2004	34,2	24,9	23,5	37,8	24,5	54,3	7,6	26,6	3,7	37,3	39,2	24,4	54,30
2005	18,9	45,00	26,1	24,1	35,4	37,2	30,5	29,70	32,4	21,9	55,8	32,6	55,80
2006	44,0	33,0	24,8	45,6	24,7	44,8	13,0	9,5	12,3	21,7	47,7	33,8	47,70
2007	21,2	20,7	8,4	26,3	62,4	37,6	11,6	18,2	34,3	32,4	48,7	22,4	62,40
2008	17,2	17,1	51,40	26,0	38,0	45,8	18,5	7,2	36,7	30,2	39,2	21,7	51,40
2009	24,5	34,0	22,0	35,6	32,6	15,2	18,5	6,4	13,5	12,9	53,6	48,0	53,60
2010	22,8	28,9	26,4	39,9	36,8	46,6	14,3	25,5	19,2	26,2	40,5	51,6	51,60
2011	35,7	13,6	34,2	42,6	43,5	48,8	25,7	18,0	18,2	27,6	67,70	46,5	67,70
2012	20,5	28,2	12,5	37,7	46,9	20,3	15,2	11,2	34,6	27,0	34,9	24,2	46,90
2013	16,6	16,7	31,2	28,2	29,2	28,1	28,8	3,6	44,20	22,6	33,9	52,30	52,30
2014	33,8	22,8	31,5	32,2	37,8	54,80	5,9	3,2	6,6	18,7	38,2	40,5	54,80
2015	31,4	17,9	18,5	27,8	28,4	31,5	13,2	22,2	15,8	29,2	30,7	16,5	31,50
2016	19,9	23,0	17,6	39,2	62,70	32,4	20,2	14,3	8,4	19,2	37,6	42,4	62,70
2017	32,4	30,5	15,4	28,1	50,2	22,8	23,6	19,4	28,6	30,8	35,8	45,9	50,20
2018	46,9	10,2	15,8	47,00	46,5	45,5	6,2	15,2	11,2	33,8	51,5	37,2	51,50
Precipitación Max. Mensual	46,90	45,00	51,40	47,00	62,70	54,80	40,50	29,70	44,20	44,40	67,70	52,30	67,70

 Precipitación Max. Mensual  
 Precipitación Max. Anual

Fuente: IDEAM, 2019<sup>60</sup>

<sup>60</sup>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEAM. Solicitud de información, Bogotá. Registro histórico de las estaciones meteorológicas ubicadas en Paipa.

## 23. HIDROLOGIA DE LA CUENCA LA SIERRA:

### 23.1. CARACTERISTICAS DE LA CUENCA:

La cuenca la Sierra, es una cuenca con un área de 47.62 km<sup>2</sup> es una cuenca que tiene las veredas el venado, una parte de la vereda Guacamayas y peña blanca.

**Tabla 16.** Características hidrológicas de la Cuenca la Sierra.

Area (Km2)	47,6239
perimetro (Km)	30,810778
Longitud Axial(km)	8,462857

COFICIENTE DE COMPACIDAD O GRAVELUS (Kc)	
Area (m2)	A
perimetro (m)	P
$Kc = 0,28x \frac{P}{A^{1/2}}$	
Kc =	1,250
ES UNA CUENCA OVAL REDONDA	

FACTOR DE FORMA(Kf)	
Area (m2)	A
perimetro (m)	P
$Kf = \frac{A}{L^2}$	
Kf =	0,665
ES UNA CUENCA ALARGADA	

DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)	
Long. Corrientes (Km) Lc	85,014
Area (m2)	47,624
$Dd = \frac{L_c}{A}$	
Dd =	1,785
POBREMENTE DRENADA	

LONGITUD DE LAS CORRIENTES		
Corrientes	m	km
1	48429,648	48,429648
2	19037,813	19,037813
3	7778,566	7,778566
4	3903,708	3,903708
5	5864,379	5,864379
Sumatoria		85,014

Fuente: Propia.

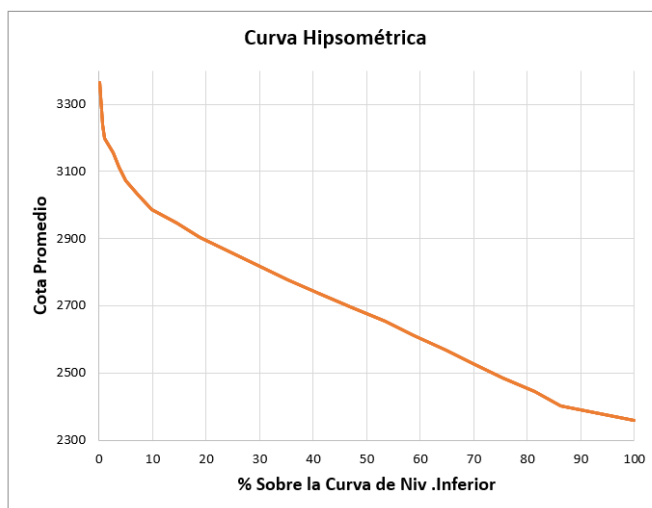
## 23.2. CURVA HIPSONOMETRICA:

**Tabla 17.** Datos para el análisis de la curva Hipsométrica – Cuenca la Sierra.

# Datos	COTAS		COTA PROMEDIO	Area entre curvas		% Area entre Curvas	% Sobre la curva de Niv. Inferior
	Desde	Hasta		m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>		
1	2339	2381	2360	6537500	6,538	13,72	100
2	2381	2423	2402	2332500	2,333	4,90	86,28
3	2423	2465	2444	2882500	2,883	6,05	81,39
4	2465	2506	2486	2595000	2,595	5,45	75,34
5	2507	2548	2527	2447500	2,448	5,14	69,89
6	2548	2590	2569	2802500	2,803	5,88	64,75
7	2590	2632	2611	2610000	2,610	5,48	58,87
8	2632	2674	2653	2887500	2,888	6,06	53,39
9	2674	2716	2695	2970000	2,970	6,23	47,33
10	2716	2758	2737	2782500	2,783	5,84	41,10
11	2758	2799	2778	2635000	2,635	5,53	35,26
12	2799	2841	2820	2722500	2,723	5,71	29,73
13	2841	2883	2862	2502500	2,503	5,25	24,02
14	2883	2925	2904	1990000	1,990	4,18	18,77
15	2925	2967	2946	2257500	2,258	4,74	14,59
16	2967	3008	2988	1205000	1,205	2,53	9,85
17	3009	3050	3030	1147500	1,148	2,41	7,32
18	3051	3092	3071	547500	0,548	1,15	4,92
19	3093	3134	3114	570000	0,570	1,20	3,77
20	3135	3175	3155	722500	0,723	1,52	2,57
21	3176	3218	3197	210000	0,210	0,44	1,05
22	3220	3259	3240	97500	0,098	0,20	0,61
23	3262	3300	3281	67500	0,068	0,14	0,41
24	3303	3343	3323	57500	0,058	0,12	0,27
25	3346	3385	3366	70000	0,070	0,15	0,15
				<b>Sumatoria</b>	47,650	100,000	831,642

Fuente: Propia.

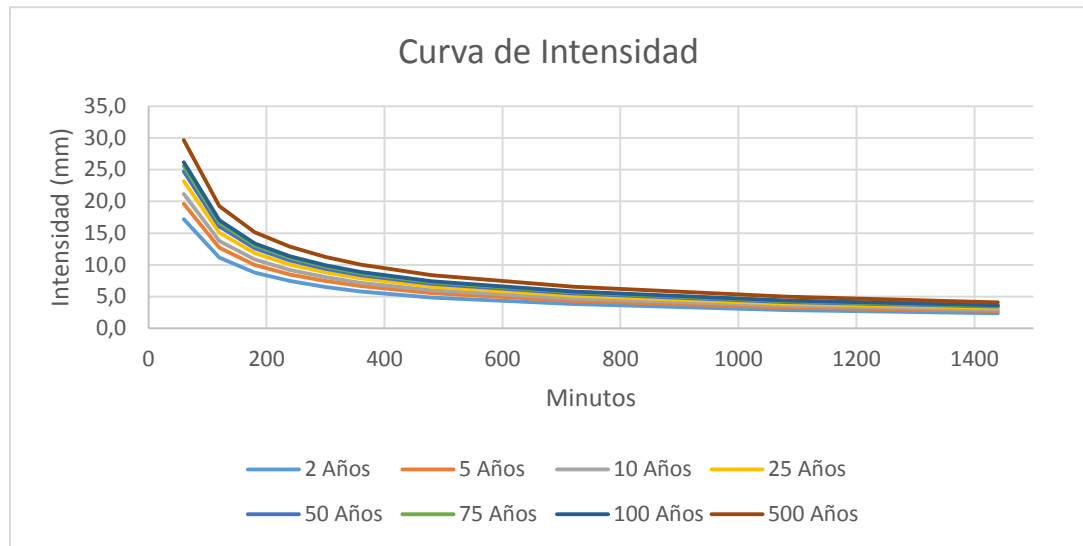
**Grafica 1.** Curva Hipsométrica - Cuenca la Sierra.



Fuente: Propia.

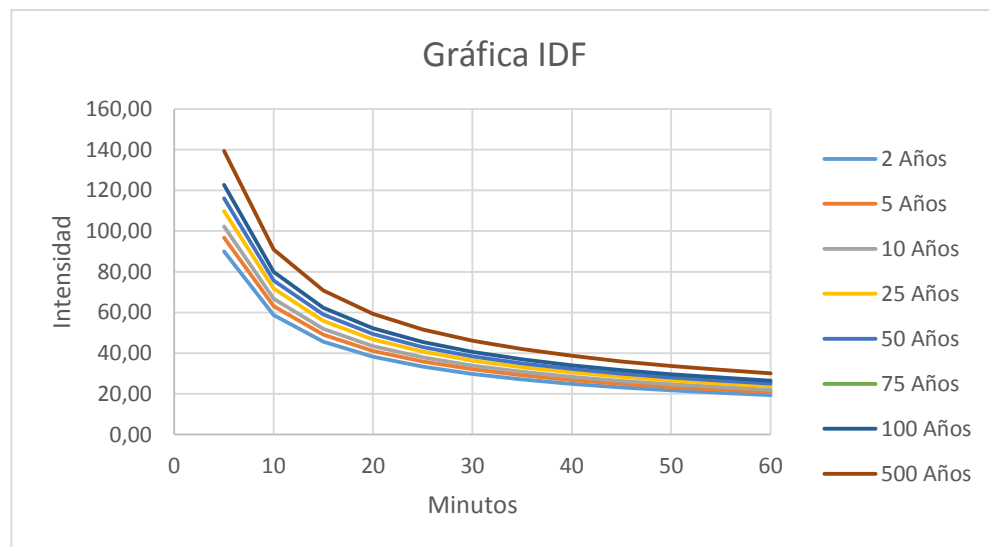
Altura que predomina en la cuenca 2671.50m.

**Grafica 2.** Curva de intensidad y duración - Cuenca la Sierra.



Fuente: Propia.

**Grafica 3.** Curvas IDF - Cuenca la Sierra.



Fuente: Propia.



## 24. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA CUENCA PALERMO

En el estudio hidrológico que se hizo en la zona norte del municipio de Paipa, se identificó dos cuencas, la cuenca la Sierra, y la cuenca Palermo, identificadas de esa manera por sus estaciones.

### 24.1. DATOS DE LA CUENCA:

**Tabla 18.** Datos de precipitaciones máxima mensual multianual.

Año	Estación palermo (Precipitación máxima mensual en un día)												Precipitación Max Anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2000	18,0	11,8	22,0	40,6	46,5	15,0	20,0	23,0	8,0	19,7	27,5	27,5	46,50
2001	12,0	13,0	14,5	31,0	26,0	44,5	13,0	9,8	3,5	17,0	38,0	25,0	44,50
2002	23,0	9,5	23,0	42,0	15,0	41,0	27,0	34,0	28,00	33,0	22,0	24,0	42,00
2003	19,0	6,0	50,0	32,5	45,0	27,5	44,50	4,0	15,5	16,0	35,0	28,0	50,00
2004	15,0	31,5	19,0	14,0	29,0	23,0	2,5	17,0	3,5	26,5	19,0	19,5	31,50
2005	26,2	26,5	26,5	15,5	46,0	32,0	11,7	36,00	16,0	19,5	47,5	31,0	47,50
2006	14,5	33,4	12,5	35,0	22,0	32,0	41,0	7,7	8,0	9,3	19,5	25,8	41,00
2007	30,2	22,5	10,4	15,6	26,5	27,5	21,0	15,5	23,5	25,8	37,0	18,4	37,00
2008	20,0	24,0	13,5	15,0	23,0	24,0	15,5	19,5	20,0	15,0	46,0	37,0	46,00
2009	24,5	25,5	23,3	31,6	41,5	18,5	27,0	4,0	22,0	13,0	62,0	38,0	62,00
2010	26,5	42,50	11,0	49,50	52,0	34,2	15,0	31,0	20,5	21,2	38,2	27,3	52,00
2011	27,3	38,0	35,0	23,0	48,0	49,00	34,5	10,8	22,0	23,0	51,0	27,8	51,00
2012	14,8	20,5	10,7	24,4	56,5	34,5	27,0	14,5	12,0	21,5	26,0	20,0	56,50
2013	18,0	13,5	22,0	21,0	22,8	46,5	10,0	27,8	23,5	24,0	28,0	48,5	48,50
2014	14,5	22,9	32,5	21,5	38,1	34,5	11,8	9,8	2,5	26,0	44,0	47,1	47,10
2015	29,0	17,0	24,0	36,0	31,5	9,0	10,3	9,3	22,5	52,5	20,3	36,2	52,50
2016	6,5	11,0	13,2	28,5	27,0	22,0	10,0	9,5	4,5	20,5	-	51,3	51,30
2017	43,00	16,9	14,5	28,8	80,5	27,0	26,0	10,3	25,5	38,5	-	-	80,50
2018	-	-	13,5	34,0	24,8	12,5	14,5	7,0	14,2	19,4	23,4	8,6	34,00
Precipitación Max. Mensual	43,00	42,50	50,00	49,50	80,50	49,00	44,50	36,00	28,00	52,50	62,00	51,30	80,50

 Precipitación Max. Mensual  
 Precipitación Max. Anual

Fuente: IDEAM, 2019<sup>60</sup>

<sup>60</sup>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEAM. Solicitud de información, Bogotá. Registro histórico de las estaciones meteorológicas ubicadas en Paipa.

## 25. HIDROLOGIA DE LA CUENCA PALERMO:

### 25.1. CARACTERISTICAS DE LA CUENCA:

La cuenca la Sierra, es una cuenca con un área de 47.62 km<sup>2</sup> es una cuenca que tiene las veredas el venado, una parte de la vereda Guacamayas y peña blanca.

**Tabla 19.** Características hidrológicas de la cuenca Palermo.

Area (Km2)	82,5485
perimetro (Km)	42,455672
Longitud Axial(km)	13,007052

COFICIENTE DE COMPACIDAD O GRAVELUS (Kc)	
Area (m2)	A
perimetro (m)	P
$Kc = 0,28x \frac{P}{A^{1/2}}$	
Kc =	1,308
ES UNA CUENCA OVAL OBLONGA	

FACTOR DE FORMA(Kf)	
Area (m2)	A
perimetro (m)	P
$Kf = \frac{A}{L^2}$	
Kf =	0,488
ES UNA CUENCA ALARGADA	

DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)	
Long. Corrientes (Km) Lc	263,934
Area (m2)	82,548
$Dd = \frac{L_c}{A}$	
Dd =	3,197

LONGITUD DE LAS CORRIENTES		
Corrientes	m	km
1	162852,487	162,852487
2	54786,395	54,786395
3	22597,732	22,597732
4	11380,146	11,380146
5	12317,431	12,317431
Sumatoria	263,934	

Fuente: Propia.

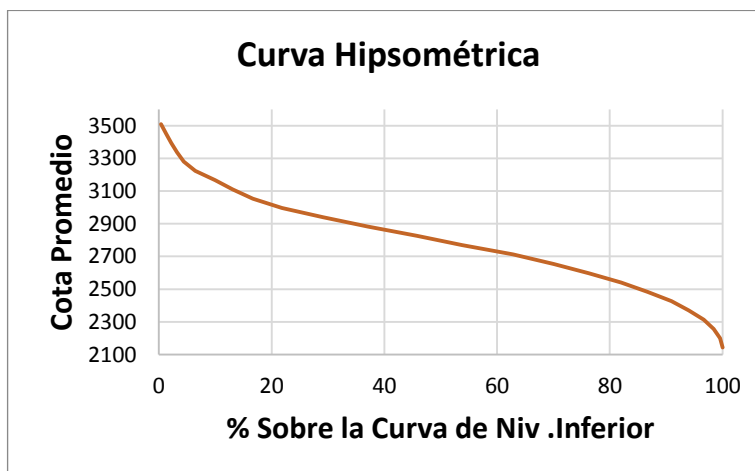
## 25.2. CURVA HIPSONOMETRICA:

**Tabla 20.** Datos para el análisis de la curva Hipsométrica – Cuenca Palermo.

# Datos	COTAS		COTA PROMEDIO	Area entre curvas		% Area entre Curvas	% Sobre la curva de Niv.
	Desde	Hasta		m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>		
1	2114,1865	2170,9478	2143	352500	0,353	0,43	100
2	2172,5496	2227,9727	2200	935000	0,935	1,13	99,57
3	2228,0811	2284,8948	2256	1477500	1,478	1,79	98,44
4	2285,1699	2341,8398	2314	2182500	2,183	2,64	96,65
5	2341,9663	2398,729	2370	2537500	2,538	3,07	94,00
6	2398,8633	2455,6567	2427	3527500	3,528	4,27	90,93
7	2455,708	2512,5205	2484	3820000	3,820	4,63	86,66
8	2512,5872	2569,4578	2541	4737500	4,738	5,74	82,03
9	2569,5588	2626,4004	2598	5177500	5,178	6,27	76,29
10	2626,4243	2683,3191	2655	5930000	5,930	7,19	70,01
11	2683,3723	2740,2344	2712	7430000	7,430	9,00	62,83
12	2740,2549	2797,137	2769	6625000	6,625	8,03	53,82
13	2797,1633	2854,0413	2826	7200000	7,200	8,72	45,80
14	2854,0693	2910,9624	2883	6545000	6,545	7,93	37,07
15	2910,9973	2967,8936	2939	6022500	6,023	7,30	29,14
16	2967,9001	3024,6943	2996	4287500	4,288	5,20	21,84
17	3024,8647	3081,6479	3053	2940000	2,940	3,56	16,65
18	3081,7393	3138,6211	3110	2572500	2,573	3,12	13,08
19	3138,7903	3195,5173	3167	2882500	2,883	3,49	9,97
20	3195,5593	3252,366	3224	1685000	1,685	2,04	6,47
21	3252,5073	3309,2942	3281	1007500	1,008	1,22	4,43
22	3309,4941	3365,9199	3338	845000	0,845	1,02	3,21
23	3366,3691	3423,1499	3395	755000	0,755	0,91	2,19
24	3423,3213	3479,4712	3451	745000	0,745	0,90	1,27
25	3480,2361	3537,0371	3509	305000	0,305	0,37	0,37
Sumatoria					82,525	100,000	1202,717

Fuente: Propia.

**Grafica 4.** Curva Hipsométrica – Cuenca Palermo.

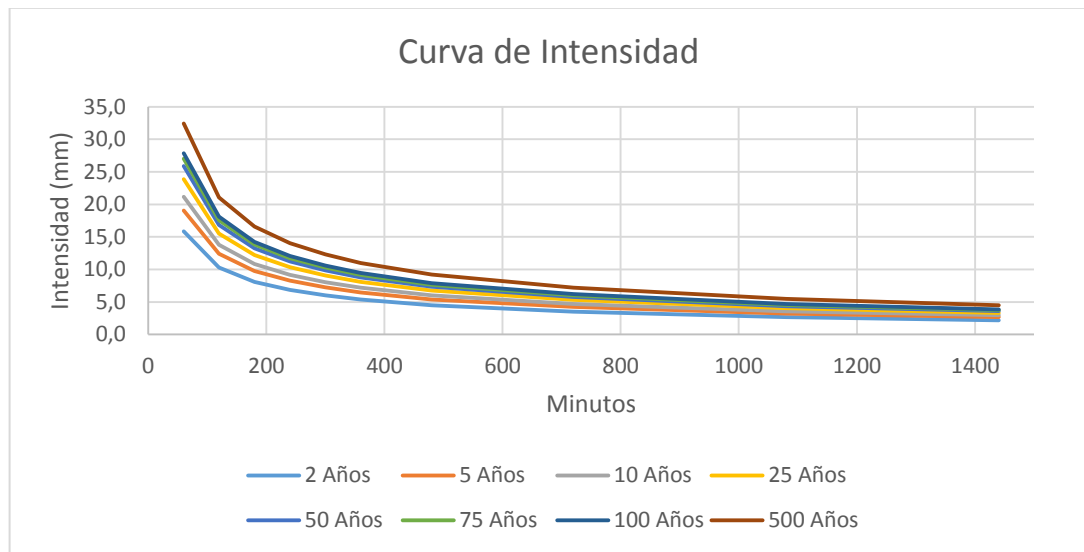


Fuente: Propia.

Altura que predomina en la cuenca 2796.15m.

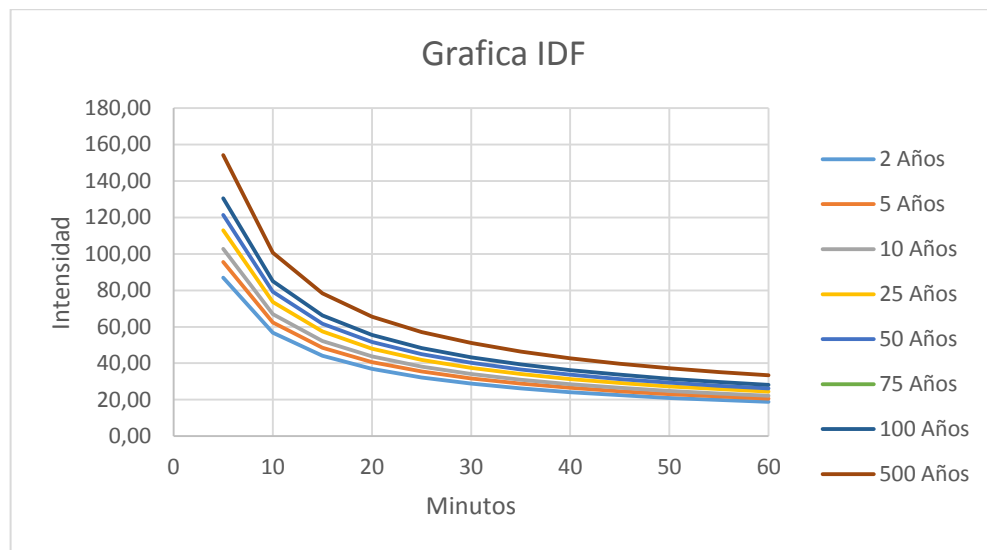


**Grafica 5.** Curva de intensidad y duración – Cuenca Palermo.



Fuente: Propia.

**Grafica 6.** Curvas IDF - Cuenca Palermo.



Fuente: Propia.

## 26. BALANCE HIDRICO PARA LAS CUENCAS:

Para hacer el balance hídrico de las cuencas, se tomó la temperatura seca media mensual de la estación de la sierra, se debe tener en cuenta: la evotranspiración mensual, para esto se calculará por el método de THORNTHWAITE, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 8.** Evotranspiración potencial corregida ETP método de THORNTHWAITE.

EVOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL CORREGIDA ETP
$ETP = ETP_{Sin\ corregir} \left( \frac{N}{12} \right) \left( \frac{d}{30} \right)$
N = Numero maximo de horas de sol d = numero de dias del mes f= factor de reducción = N/12

INDICE DE CALOR MENSUAL	$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1,514}$
i = Indice de calor mensual t= Temperatura media mensual	

ETP "SIN CORREGIR"
$ETP_{sin\ corregir} = 1,6 \left( \frac{10t}{I} \right)^a$

PARA HALLAR a
$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0,017925 \times I + 0,49239$

FACTOR DE REDUCCIÓN f
$f = \frac{N}{12}$

Fuente: Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos.<sup>61</sup>

<sup>61</sup>GUEVARA DÍAZ, José Manuel. Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos. Venezuela. 2da Edición. p. 92

Coordenadas de la estación la sierra, latitud: 5°57'59" y una longitud: -73°9'50.01" del cual la latitud norte le corresponde 5.97° según la siguiente tabla, los valores para el número máximo de horas de sol son:

**Tabla 21.** Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y la latitud.

N= Numero maximo de horas de sol, dependiendo del mes y la latitud												
Lat. S.°	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Lat. N.°	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
50	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14	12,6	11	9,7	8,9
42	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,3
35	10,1	11	11,9	13,1	14	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30	10,4	11,1	12	12,9	13,6	14	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25	10,7	11,3	12	12,7	13,3	13,7	13,5	13	12,3	11,6	10,9	10,6
20	11	11,5	12	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15	11,3	11,6	12	12,5	12,8	13	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10	11,6	11,8	12	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5	11,8	11,9	12	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12	11,9	11,8
0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

Lat. N.°	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
5,97	11,8	11,9	12,0	12,2	12,4	12,5	12,4	12,3	12,1	12,0	11,8	11,7

Fuente: Propia

**Tabla 22.** Evotranspiración mensual del área de estudio.

EVOTRANSPIRACIÓN POR EL MÉTODO THORNTHWAITE									
MES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	INDICE DE CALOR MENSUAL	ETP MENSUAL "Sin corregir"	N	f	# DIAS DEL MES	(d/30)	ETP (cm/mes)	
ENERO	12,82	4,16	6,47	11,8	0,98	31	1,03	6,55	
FEBRERO	12,70	4,10	6,39	11,9	0,99	28	0,93	5,90	
MARZO	12,59	4,05	6,30	12,0	1,00	31	1,03	6,51	
ABRIL	12,35	3,93	6,13	12,2	1,02	30	1,00	6,24	
MAYO	12,30	3,91	6,10	12,4	1,03	31	1,03	6,49	
JUNIO	12,73	4,12	6,41	12,5	1,04	30	1,00	6,65	
JULIO	12,69	4,10	6,38	12,4	1,03	31	1,03	6,78	
AGOSTO	13,02	4,26	6,62	12,3	1,03	30	1,00	6,80	
SEPTIEMBRE	12,74	4,12	6,41	12,1	1,01	31	1,03	6,68	
OCTUBRE	12,20	3,86	6,02	12,0	1,00	31	1,03	6,20	
NOVIEMBRE	12,38	3,94	6,15	11,8	0,99	30	1,00	6,07	
DICIEMBRE	12,74	4,12	6,41	11,7	0,98	31	1,03	6,48	
		INDICE DE CALOR ANUAL	a					ETP ANUAL	77,36
		48.67	1.44						

Fuente: Propia.

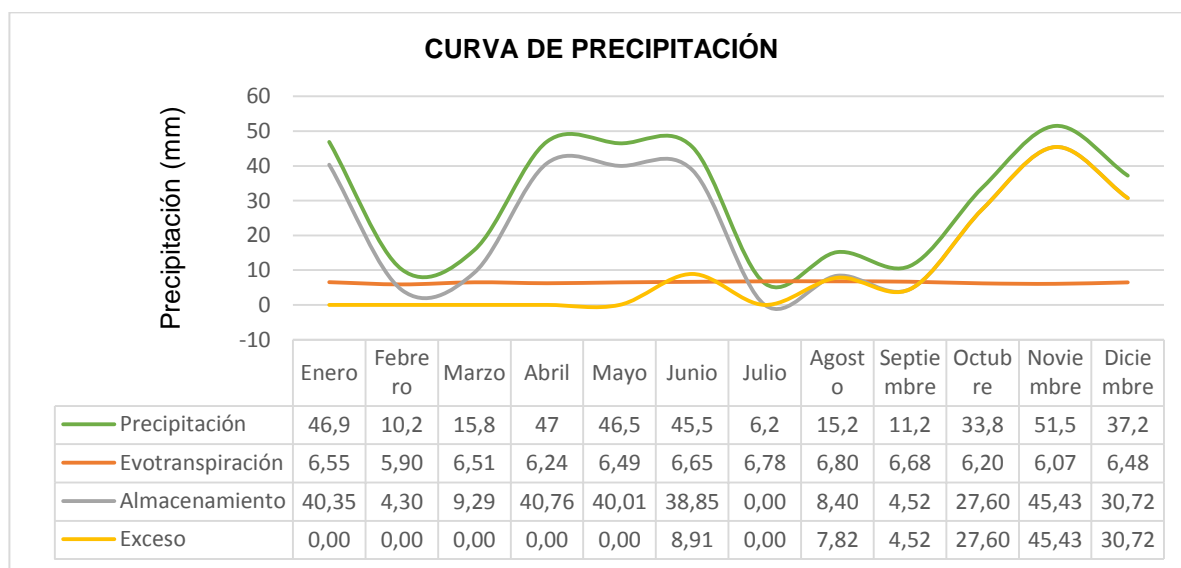
Con los datos que se obtienen de la evotranspiración, se procede a hacer el cálculo del balance hídrico en el área de estudio.

**Tabla 23.** Balance hídrico por el método de clasificación de Horton

Balance Hídrico						
Mes	Precipitación	Evotranspiración	Almacenamiento	Defic. Hídrico	Almac. Acum	Exceso
Enero	46,9	6,55	40,35	0,00	40,35	0,00
Febrero	10,2	5,90	4,30	0,00	44,65	0,00
Marzo	15,8	6,51	9,29	0,00	13,59	0,00
Abril	47	6,24	40,76	0,00	50,05	0,00
Mayo	46,5	6,49	40,01	0,00	90,06	0,00
Junio	45,5	6,65	38,85	0,00	120,00	8,91
Julio	6,2	6,78	0,00	-0,58	119,42	0,00
Agosto	15,2	6,80	8,40	0,00	120,00	7,82
Septiembre	11,2	6,68	4,52	0,00	120,00	4,52
Octubre	33,8	6,20	27,60	0,00	120,00	27,60
Noviembre	51,5	6,07	45,43	0,00	120,00	45,43
Diciembre	37,2	6,48	30,72	0,00	120,00	30,72

Fuente: Propia

**Grafica 7.** Curva de precipitación mensual.



Fuente: Propia.

Dentro del balance hídrico, se puede analizar que los meses con déficit hídrico es: Julio y febrero, llegando a ser cero la humedad en su suelo, lo cual indica que son meses bastantes secos, en cuanto a los meses de exceso del recurso hídrico son los meses de junio, octubre, noviembre, diciembre, lo que quiere decir que son meses de bastantes precipitaciones teniendo en cuenta que la capacidad máxima de almacenamiento del suelo es de 120mm de agua es decir superan la capacidad de almacenamiento.

## **27. IDENTIFICACIÓN DEL RIEGO MÁS ÓPTIMO PARA DOTAR LOS CULTIVOS:**

Para poder definir un sistema de riego adecuado en el presente proyecto, se tendrán en cuenta los parámetros que se identificaron con este estudio, se entiende que hay variedad de formas en las que se puede distribuir el agua sobre el terreno, de acuerdo con el tipo de distribución, los más comunes son los siguientes:<sup>62</sup>

- Riego por inundación
- Riego por surcos y corrugaciones
- Riego por aspersión
- Riego por goteo

### **27.1. Riego por inundación**

El riego por inundación consiste en la distribución del agua por gravedad sobre toda la superficie de un terreno encerrado por pequeños diques. Se llena el compartimiento, con una cantidad relativamente grande de agua, la cual penetra verticalmente en la tierra.<sup>63</sup>

### **27.2. Riego por surcos y corrugaciones**

El riego por surcos y corrugaciones consiste en la distribución del agua por gravedad a lo largo y a través de surcos o corrugaciones en el terreno. Las corrugaciones son pequeños surcos. El agua se infiltra lateralmente en los camellones.<sup>63</sup>

### **27.3. Riego por aspersión**

El riego por aspersión consiste en la distribución del agua en forma de lluvia. Esto se hace mediante un equipo de riego y por la presión hidráulica de una bomba. El equipo consta de bomba, tubería y aspersores. La distribución no depende de la gravedad y no requiere la nivelación del terreno.<sup>63</sup>

### **27.4. Riego por Goteo**

El riego por goteo consiste en la aplicación local de agua al sistema radicular de la planta y del árbol. Mediante este sistema, se suministra el agua a la planta individualmente. De esta manera el agua cae en los lugares donde es necesaria.<sup>63</sup>

---

<sup>62</sup> ANAYA, Pedro María. Manuales para educación agropecuaria: Riego y Drenaje. México: Editorial Trillas, 2006, p.35.

<sup>63</sup> Ibíd., p.35.

## 27.5. Factores que afectan la aplicación de un riego

La aplicación de un cierto sistema de riego con respecto al suelo depende de los siguientes factores:

- Topografía del terreno
- Pendiente
- Textura del suelo
- Distribución de agua sobre su superficie
- Tipo de cultivo
- Agua requerida para cada tipo de planta

### 27.5.1. Topografía:

Cabe resaltar que el área de la zona de estudio, como anteriormente se menciona, es un terreno montañoso en algunos casos con grandes desniveles donde la velocidad de avance del agua a favor de la pendiente natural del terreno es demasiado rápida, la infiltración es baja y la erosión alta. De acuerdo a lo anterior se debe tener en cuenta que el objetivo para definir un sistema de riego adecuado es que al momento de aplicar el agua este avance lentamente y se propicie la capacidad de infiltración reduciendo la probabilidad de erosión.

### 27.5.2. Pendiente:

La pendiente al igual que la textura del suelo juega un papel importante. Lo que se logra identificar de acuerdo al análisis anterior, es que el terreno esta predominado con una pendiente media de 18° a 40°.

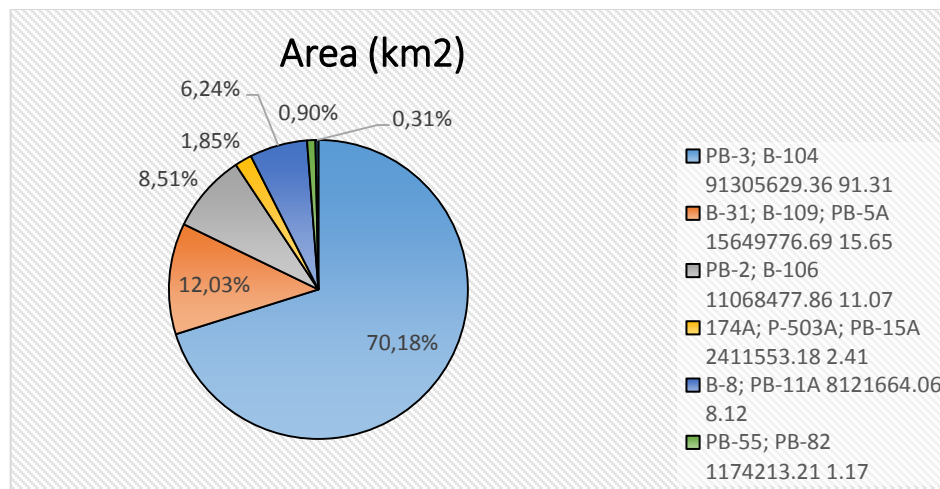
### 27.5.3. Textura del suelo:

La textura nos puede dar un indicio de cómo se daría la permeabilidad y la capacidad de infiltración en el terreno, para este caso el terreno esta predominado por los perfiles de suelo: SUELO PB-3 ó SUELO B-104,

SUELOS	ÁREA (m2)	ÁREA (km2)	%
PB-3; B-104	91305629.36	91.31	70.18%
B-31; B-109; PB-5A	15649776.69	15.65	12.03%
PB-2; B-106	11068477.86	11.07	8.51%
174A; P-503A; PB-15A	2411553.18	2.41	1.85%
B-8; PB-11A	8121664.06	8.12	6.24%
PB-55; PB-82	1174213.21	1.17	0.90%
183A; R-03	408118.08	0.41	0.31%
<b>Área total de la zona</b>	<b>130097266.36</b>	<b>130.0973</b>	<b>100%</b>

Este perfil de suelo tiene una presencia en la mayoría de las veredas como lo son Venado, Guacamayas, Peña Blanca, San Pedro, Peñas Amarilla, el Retiro, Curial, y una menor presencia en las veredas el Fical, Palermo, abarcando un área de 91.31 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un 70.18% del área total de estudio.

**Grafica 8.** Suelos predominantes en el área de estudio.



Fuente: Propia.

Para el presente suelo se hace especial recomendación en mejorar las condiciones de su estructura, en algunas zonas será un suelo favorable para el crecimiento de prados y pedreras, no es recomendable hacer excavaciones que superen los 30cm, después de los 50cm la textura es más rocosa esto podría desmejorarla, si esta llega a quedar desnuda podría generar una erosión, en otras zonas se podrá cultivar, pero es recomendable hacer un mejoramiento al terreno es decir hacer una capa mayor.

#### 27.5.4. Distribución del agua sobre su superficie:

Basados en el suelo predominante de la región, se puede decir que en la distribución del agua, se tendrá en cuenta la permeabilidad e infiltración para este caso se tienen en cuenta los siguientes dos perfiles:

##### Perfil PB-3

Hay presencia de una capa de 0.06m de material orgánico, lo que correspondería a una vegetal en su gran mayoría en buen estado y en otras zonas ligeramente descompuesto y/o también hace referencia a productos de residuos en el ambiente natural. En 0.16m encontramos una capa franco arenosa, que corresponde a un suelo con una permeabilidad de 2.5cm/hora es una permeabilidad moderada, con una velocidad de infiltración de 12-8mm/h esto lo hace un suelo favorable para el crecimiento de la mayoría de plantas, teniendo en cuenta que hay plantas que

prefieren suelos arenosos y otras que se adaptan a suelos arcillosos. Encontramos otra pequeña capa a los 0.22m de una textura arenosa franca es una capa mucho más permeable que la anterior con un índice de permeabilidad de 4cm/h una velocidad de infiltración de 15-30mm/h Después de los 0.22m encontramos una estructura completamente rocosa.

#### **Perfil B-104**

En 0.65m se encuentra una capa franca arcillo arenosa, lo cual sigue siendo un suelo con una permeabilidad 0.25 moderadamente lenta y una velocidad de infiltración 6-10mm/h. Después de los 0.65m encontramos una estructura completamente rocosa.

### **27.5.5. CONSUMO Y ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO**

Para poder recomendar un sistema de riego adecuado teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados y teniendo presente las características con las que cuenta el área en estudio mencionados debidamente en el presente proyecto, se tendrá en cuenta el consumo de agua y adaptación de los sistemas de riego anteriormente mencionados.

#### **27.5.5.1. Riego por inundación:**

Se adapta mejor en casos de terrenos planos o semiplanos, en áreas con más pendiente, las dificultades para conducir y distribuir adecuadamente el agua son muy grandes. Además, los riesgos de erosión son levados. Este sistema consume más agua, por lo que se recomienda evitar su uso, principalmente donde el agua es escasa.<sup>62</sup>

#### **27.5.5.2. Riego por surcos y corrugaciones:**

Este sistema se adapta a terrenos con pendientes ya que funciona fácilmente por gravedad no requiere de energía extra para darle movimiento al agua, pero requiere de excavaciones para acumular el agua, hay un mayor gasto de agua a que esta se infiltra y escurre en grandes cantidades con menores cantidades de regulación de caudal, se produce erosión del terreno por arrastre y generalmente hay sobre saturación del terreno.<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup>FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. III. Factores que se deben considerar para seleccionar el Sistema de riego más adecuado.



#### **27.5.5.3. Riego por aspersión:**

Se adapta mejor a terrenos planos o semiplanos. A medida que aumenta la pendiente, se incrementa el riesgo de erosión debido al desprendimiento de partículas de suelo que causa el impacto de las gotas. Además, a medida que aumenta la pendiente, la distribución del agua es cada vez más desigual, formando un círculo de menor alcance del lado superior del aspersor, donde se aplica más agua y con más presión. En áreas con pendiente se recomienda utilizar aspersores que producen gotas pequeñas y que requieren menos carga o presión. Este sistema utiliza menos agua que el anterior, pero por lo menos el doble que el sistema de goteo.<sup>62</sup>

#### **27.5.5.4. Riego por goteo:**

Este sistema se adapta bien a terrenos de cualquier pendiente, usualmente no se presenta escorrentía siempre y cuando la intensidad de aplicación sea inferior a la velocidad de infiltración del suelo. Es un riego de alta frecuencia donde se debe reponer el agua que la planta consumió uno o dos días atrás. En este método en el suelo se forma un bulbo húmedo debajo de cada goteo donde la planta desarrolla una mayor cantidad de raíces. Es un riego muy eficiente en cuanto aplicación por ofrecer una distribución lenta para lo cual los cultivos suelen aprovecharla mejor.<sup>62</sup>

#### **27.5.5.5. Recomendación:**

Basado en lo anterior es muy factible un sistema de riego por goteo, como se mencionó anteriormente:

El área de estudio se encuentra sobre un terreno de ladera:

- predominado con una pendiente media de 18° a 40°

Suelo predominante superficial es franco arenosa y franco arcillo arenosa:

- velocidad de infiltración esta entre los 6mm/h hasta los 18mm/h
- permeabilidad de 0.8cm/h hasta los 2.5cm/h.

Ahora teniendo en cuenta esto su pendiente está condicionada al tipo de riego para lo cual implementar cualquier sistema no sería adecuado sin tener en cuenta los parámetros presentes en el proyecto, al momento de suplir el cultivo con agua, el terreno no tendría el tiempo para infiltrar el agua requerida.

---

<sup>62</sup>FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. III. Factores que se deben considerar para seleccionar el Sistema de riego más adecuado.

La comunidad se manifiesta en reiteradas ocasiones el difícil acceso para obtener el agua, entonces:

- No sería óptimo un riego donde este genere mucho desperdicio de agua.
- El riego por goteo cumple estas características al ser un riego localizado y puntual sobre cada planta.

#### 27.6. Tipo de cultivo y agua requerida para cada tipo de planta

La comunidad manifiesta que lo que más se cultiva en las veredas son, la cebada, el trigo, avena, maíz, papa, mora y pasto. Para dotar de agua cada uno de los cultivos se debe tener en cuenta el tipo de cultivo que se desea regar, e identificar la demanda de agua que el cultivo requiere de la siguiente manera:

**Tabla 24.** Coeficiente único del cultivo ( $K_c$ ).

PRODUCTO	$K_c$
Cebada	1,15
Trigo	1,15
Avena	1,15
Maiz	1,15
Papa	1,15
Pasto	0,75
Mora	1,05

Fuente: IDEAM<sup>63</sup>.

**Ecuación 9.** Cálculo de la evotranspiración del cultivo.

$$ET_c = ETP \times K_c$$

**Ecuación 10.** Lámina de riego (L.R.).

$$L.R. = \frac{ET_c}{\text{Eficiencia del riego}}$$

Para este caso como es un riego por goteo, la eficiencia es de 0.9.

**Ecuación 11.** Volumen de agua a aplicar para reponer agua perdida por la evotranspiración

$$\text{Volumen de agua} = L.R. \times \text{Area}(m^2)$$

<sup>63</sup>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio nacional del agua, Estimación de la demanda de agua. 2010. IDEAM.

**Tabla 25.** Caudal requerido por m<sup>2</sup> de trigo, cebada, avena, papa y maíz.

TRIGO, CEBADA, AVENA, PAPA, MAÍZ.						
MES	ETP (cm/mes)	Etc (cm/mes)	L.R. (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Vol. de agua (m <sup>3</sup> )	Vol. de agua (litros)
ENERO	6,55	7,53	0,0837	1	0,0837	83,719
FEBRERO	5,90	6,79	0,0754	1	0,0754	75,412
MARZO	6,51	7,49	0,0832	1	0,0832	83,196
ABRIL	6,24	7,18	0,0798	1	0,0798	79,754
MAYO	6,49	7,46	0,0829	1	0,0829	82,923
JUNIO	6,65	7,65	0,0850	1	0,0850	84,973
JULIO	6,78	7,80	0,0867	1	0,0867	86,695
AGOSTO	6,80	7,81	0,0868	1	0,0868	86,831
SEPTIEMBRE	6,68	7,68	0,0854	1	0,0854	85,359
OCTUBRE	6,20	7,13	0,0793	1	0,0793	79,263
NOVIEMBRE	6,07	6,98	0,0775	1	0,0775	77,543
DICIEMBRE	6,48	7,46	0,0829	1	0,0829	82,862
Caudal Anual Requerido					0,989	988,530

Fuente: Propia

**Tabla 26.** Caudal requerido por m<sup>2</sup> de cultivo de pasto.

PASTO						
MES	ETP (cm/mes)	Etc (cm/mes)	L.R. (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Vol. de agua (m <sup>3</sup> )	Vol. de agua (litros)
ENERO	6,55	4,91	0,0546	1	0,0546	54,600
FEBRERO	5,90	4,43	0,0492	1	0,0492	49,182
MARZO	6,51	4,88	0,0543	1	0,0543	54,258
ABRIL	6,24	4,68	0,0520	1	0,0520	52,013
MAYO	6,49	4,87	0,0541	1	0,0541	54,080
JUNIO	6,65	4,99	0,0554	1	0,0554	55,417
JULIO	6,78	5,09	0,0565	1	0,0565	56,540
AGOSTO	6,80	5,10	0,0566	1	0,0566	56,629
SEPTIEMBRE	6,68	5,01	0,0557	1	0,0557	55,669
OCTUBRE	6,20	4,65	0,0517	1	0,0517	51,693
NOVIEMBRE	6,07	4,55	0,0506	1	0,0506	50,572
DICIEMBRE	6,48	4,86	0,0540	1	0,0540	54,040
Caudal Anual Requerido					0,645	644,693

Fuente: Propia

**Tabla 27.** Caudal requerido por m<sup>2</sup> de cultivo de mora.

MORA						
MES	ETP (cm/mes)	Etc (cm/mes)	L.R. (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Vol. de agua (m <sup>3</sup> )	Vol. de agua (litros)
ENERO	6,55	6,88	0,0764	1	0,0764	76,439
FEBRERO	5,90	6,20	0,0689	1	0,0689	68,854
MARZO	6,51	6,84	0,0760	1	0,0760	75,961
ABRIL	6,24	6,55	0,0728	1	0,0728	72,819
MAYO	6,49	6,81	0,0757	1	0,0757	75,713
JUNIO	6,65	6,98	0,0776	1	0,0776	77,584
JULIO	6,78	7,12	0,0792	1	0,0792	79,157
AGOSTO	6,80	7,14	0,0793	1	0,0793	79,280
SEPTIEMBRE	6,68	7,01	0,0779	1	0,0779	77,936
OCTUBRE	6,20	6,51	0,0724	1	0,0724	72,371
NOVIEMBRE	6,07	6,37	0,0708	1	0,0708	70,800
DICIEMBRE	6,48	6,81	0,0757	1	0,0757	75,657
Caudal Anual Requerido					0,903	902,571

Fuente: Propia

**Tabla 28.** Caudal anual requerido para la dotación de los cultivos.

<b>Caudal anual requerido para la dotación de los cultivos en referencia</b>		
<b>Producto</b>	<b>Caudal Anual (Litros)</b>	<b>Caudal Anual (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cebada</b>	988,53	0,989
<b>Trigo</b>	988,53	0,989
<b>Avena</b>	988,53	0,989
<b>Maiz</b>	988,53	0,989
<b>Papa</b>	988,53	0,989
<b>Pasto</b>	644,69	0,645
<b>Mora</b>	902,57	0,903
<b>Caudal Total</b>	<b>6489,91</b>	<b>6,49</b>

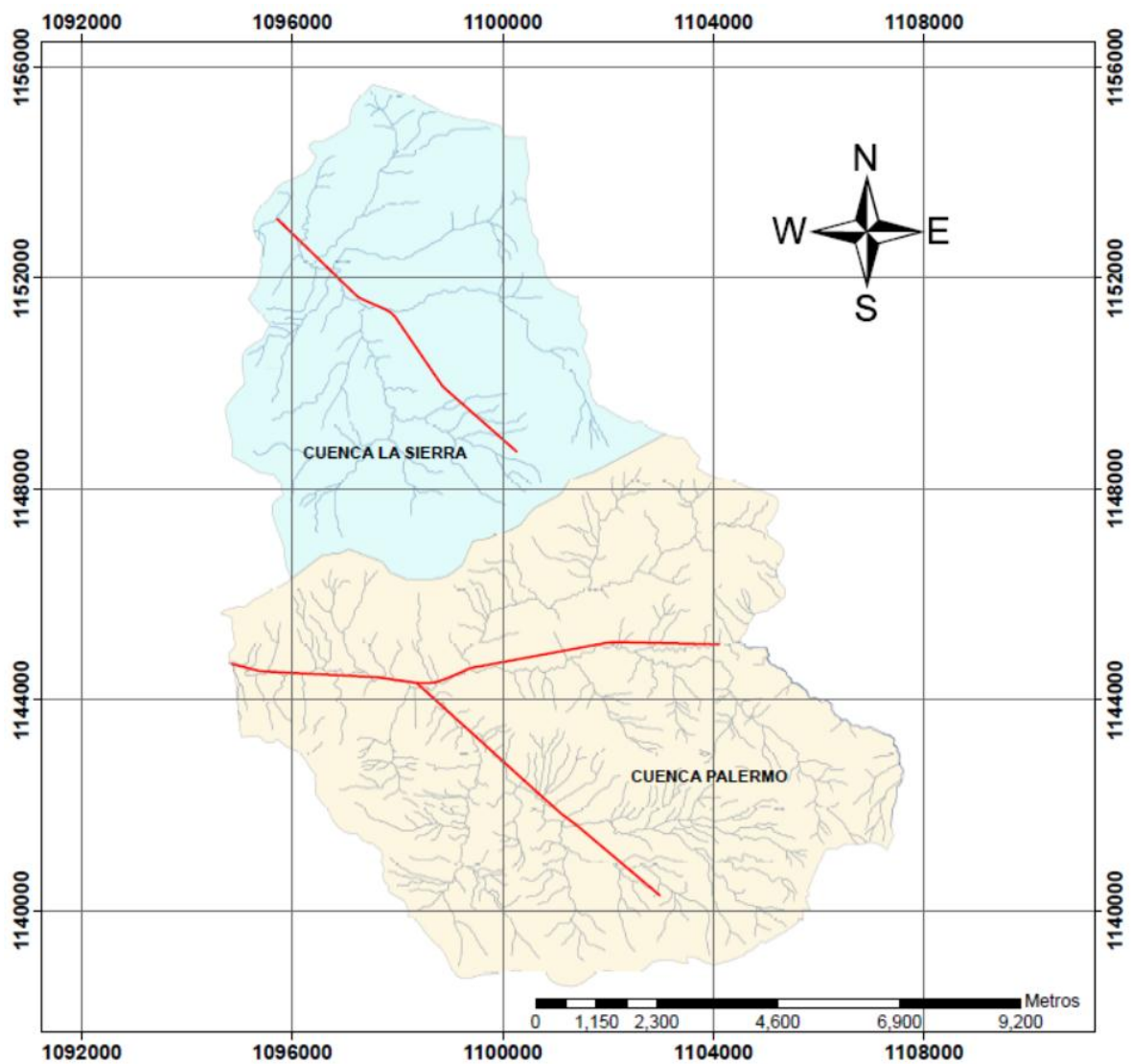
Fuente: Propia.

El caudal requerido por cada m<sup>2</sup> de cultivo se debe hacer teniendo en cuenta la cantidad de cultivos que se desean regar.

## 28. TRAZADO TENTATIVO DE LA RED PRINCIPAL DEL DISTRITO DE RIEGO

A Continuación, se hace la propuesta inicial de la red principal del distrito de riego, lo ideal es que esta abarque toda la zona, se debe hacer énfasis que para definir este trazado con certeza, se requiere de un análisis hidráulico.

**Esquema 16.** Trazado tentativo de la red principal del distrito de riego.



Fuente: Propia.

## **29. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En la elaboración del proyecto fue necesario hacer visitas de campo, tener un acercamiento directo con la comunidad, donde se halló la necesidad de un distrito de riego. Durante las épocas de verano, la comunidad manifiesta lo difícil que es obtener agua para sus cultivos, y ante esta necesidad hace que cada persona tenga que desplazarse grandes distancias para suplirse de este recurso.

Es de vital importancia tener en cuenta la opinión de la comunidad en la realización de los proyectos de ingeniería civil, ya que es un trabajo no solo de quien lo desarrolla, sino que es la comunidad quien realmente lo va a usar, ellos son finalmente los que salen afectados o beneficiados ante cualquier eventualidad que se presente durante el mismo, es importante atender sus necesidades e identificar la población en cuanto a sus ideas ya que esto facilita identificar errores que se pueden mitigar a futuro, cada aporte de las personas que se esté beneficiando es una ayuda para el desarrollo del mismo.

### **29.1. TRAZADO DE LA RED PRINCIPAL**

El trazado es una propuesta inicial, teniendo en cuenta que está planteada sobre cada una de las cuencas y su cauce principal, lo ideal es mostrar que este trazado abarque completamente la zona, cabe resaltar que este puede variar ya que se necesita de un análisis hidráulico para que el mismo sea definido con certeza.

### **29.2. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS Y TOPOGRÁFICOS:**

Dentro los parámetros geotécnicos, los datos aquí obtenidos en el presente proyecto son datos proporcionados por el IGAC, como la topografía, y la estructura del suelo. Adicionalmente es importante resaltar que los suelos presentes en la zona norte del municipio Paipa, proporcionan unas condiciones óptimas para cultivar, cabe resaltar que un mal manejo de este suelo podría generar procesos erosivos con cualquiera de los diferentes factores, en algunos casos se recomienda mejorar las condiciones del suelo para que este tenga unas condiciones más óptimas a la hora de cultivar y generar riego sobre su superficie, adicionalmente es una zona que no cuenta con una topografía completamente plana, por ende no todo el terreno es propicio para generar un riego, ya que su pendiente no da las condiciones necesarias para esta actividad.

### **29.3. PARÁMETROS HIDROLÓGICOS:**

Los parámetros hidrológicos, se toman de la base de datos suministrada por IDEAM para poder identificar el comportamiento de las cuencas anteriormente mencionadas. identificando los meses con mayores precipitaciones, y los meses con déficit.



En esta zona, es viable un distrito de riego, ya que este cuenta con terrenos bastante fértiles, lo único que condiciona la implementación de un distrito de riego son su pendiente, por lo que podría dificultar la infiltración del agua sobre su superficie y si adicionalmente su suelo no es lo suficientemente permeable, esto dificultaría la infiltración del agua sobre el mismo provocando escorrentía.

#### **29.4. EROSIÓN:**

En el Anexo 9, se puede detallar que en toda el área de estudio:

- Predomina una erosión de: 0.000003748 - 0.0482 (t/ha. Año). Lo cual esto indica que hay una pérdida de suelo muy poco representativa en el año en toda la zona.
- En la vereda Venado y peña amarilla es claro que la erosión no tiene una influencia tan grande ya que esta predominando una erosión de: 0.000003748 - 0.0482 (t/ha. Año), esto indica que es un suelo manejable y con una buena cobertura vegetal,
- En las veredas Curial, el retiro, hay un predominio en perdida de suelo de (0.1446 - 0.26508) t/ha. Año, lo cual da un indicio que son suelos más inclinados y posiblemente con una cobertura vegetal pobre.
- En las veredas Guacamayas, peña blanca, San pedro, Palermo, y Fical, predomina un suelo de: 0.26509 - 0.54623 (t/ha. Año). Lo cual se puede llegar a intuir que es un suelo de cobertura vegetal pobre, y posiblemente con una pendiente de 41°a 56° siendo la pendiente más alta en el área de estudio.
- En Palermo Centro, más que una vereda es un pueblo, es decir, es un suelo con tendencia a lo urbano, sin cobertura mucha vegetal, debido al constante paso de personas no se encuentra en condiciones para uso agrícola.

**Esquema 17.** Pueblo Palermo Centro - Municipio de Paipa.



Fuente: Propia.



### 30. BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA DE PAIPA – BOYACA. División político administrativa de Paipa. Boyacá. (2017).

ANAYA, Pedro María. Manuales para educación agropecuaria: Riego y Drenaje. México: Editorial Trillas, 2006, pg106

COACHELLA VALLEY WATER DISTRICT. Permeability, infiltration. {En línea}. {15 marzo de 2019} disponible en: (<http://www.cvwd.org/274/Permeability>).

CONTEXTO GANADERO. Sistema autónomo optimiza riego de cultivos en laderas. {En línea}. {22 marzo de 2019} disponible en: (<https://www.contextoganadero.com/agricultura/sistema-autonomo-optimiza-riego-de-cultivos-en-laderas>)

CONTEXTO GANADERO. Sistemas de riego, beneficio clave para el agro colombiano. {En línea}. {15 marzo de 2019} disponible en: (<https://www.contextoganadero.com/reportaje/sistemas-de-riego-beneficio-clave-para-el-agro-colombiano>).

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Diagnóstico por erosión. Cundinamarca. CAR, 2017.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACA. Respuesta a oficio con radicado No. 003441 del 25 de febrero de 2019. Boyacá. CORPOBOYACA, 2019.

CORTOLIMA," 2.12 Perdida De Suelos 2.12.1 Ecuación Universal De Pérdida De Suelos (USLE-MUSLE)". {En línea}. {15 octubre de 2019} disponible en: ([https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/pom\\_totare/diagnostico/m\\_212perdida\\_de\\_suelos\\_totare.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_totare/diagnostico/m_212perdida_de_suelos_totare.pdf))

CIANCAGLINI, Nicolás. R- 001- Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. {En línea}. {10 octubre de 2019} disponible en: {[www.prosap.gov.ar](http://www.prosap.gov.ar)}.

DEMIN, Pablo Enrique “Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones”. En: Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Vol.;1. No (mayo. 2014); p. 4-19.

DUARTE, O, DIAZ, E. Evaporación y Evapotranspiración. En: Facultad de Ciencias Agropecuarias. (2003); p. 2-4.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Ecología y enseñanza rural: Tema 2: El suelo. Vol. 131. Italia. FAO, 1996. 187p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Textura del suelo. {En línea}. {15 marzo de 2019} disponible en: ([http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s06.htm](http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm))

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. III. Factores que se deben considerar para seleccionar el Sistema de riego más adecuado. {En línea}. {17 noviembre de 2019} disponible en: (<http://www.fao.org/3/aj470s/aj470s02.pdf>)

GUEVARA DÍAZ, José Manuel. Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos. Venezuela. 2da Edición. p. 92

IBAÑES ASCENCIO, Sara. GISBERT BLANQUER, Juan Manuel. MORENO RAMÓN, Héctor. La pendiente del terreno. En: Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: (01, oct, 2010), P.5.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio nacional del agua, Estimación de la demanda de agua. 2010. IDEAM.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. Solicitud de información, Bogotá. Registro histórico de las estaciones meteorológicas ubicadas en Paipa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Perfiles de suelos de Boyacá.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Solicitud de información, Bogotá. Topografía del municipio de Paipa. Planos 171IIA, 171IIB, 171IIC, 171IID, 171IVA, 171IVB

ING. AGR. PROSAP – CIANCAGLINI Nicolás. “Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico” {En línea}. {17 noviembre de 2016} disponible en: ([http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R-001\)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R-001)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf))

JORDAN LOPEZ, Antonio. Manual de la edafología. Sevilla: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla, 2005. 143p.

RIVERA, Ingrid. Procesos erosivos de sectores productivos montañosos en el trópico. En: Avances Investigación en Ingeniería - Universidad Libre. No 2 (2007); p. 1-7.

OLIVEROS, Ender “La escorrentía” {En línea}. {15 marzo de 2019} disponible en: (<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap42303.pdf>).

PEREZ, Guillermo. “Escorrentía superficial” {En línea}. {15 marzo de 2019} disponible en: ([https://www.ciclohidrologico.com/escorrenta\\_superficial](https://www.ciclohidrologico.com/escorrenta_superficial)).

SÁNCHEZ SAN ROMAN, Francisco Javier. Precipitaciones. En: Universidad de Salamanca. Salamanca. (18, jul, 2018), p. 1-5.

SOUBANNIER LEITON, Juan Santiago. Riego y Drenaje. San José, Costa Rica. Primera edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia, 1985. 180p.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, “evaluación del Factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río birrís, costa rica”, agronomía costarricense. San José, Costa Rica, vol. 33, núm. 2, 2009, pp. 217- 235.

UNIVERSIDAD DE MURCIA, “Tema 6: La edafosfera”. {En línea}. {15 marzo de 2019} disponible en:  
([https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema\\_6.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf)).

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. DAZA, Rafael “¿Sistemas de riego o riesgo?” {En línea}. {15 marzo de 2019} disponible en:  
(<https://agronegocios.uniandes.edu.co/2018/09/06/sistemas-de-riego-o-riesgo/>)

---

Firma Estudiante  
Diana Carolina Gómez Ramírez  
Código: 503902

---

Firma Asesor del Trabajo de Grado  
Ing. Henry Alberto Córdoba Romero

FECHA (DD/MM/AAAA)